ELETROTERMOFOTOTERAPIA

AUTORA
DANIELA SANTOS DE LOURENÇO PEREIRA

ELETROTERMOFOTOTERAPIA

DANIELA SANTOS DE LOURENÇO PEREIRA

Sumário

Prefácio

Prezados(as) alunos(as),

A disciplina Eletrotermofototerapia tem o objetivo de abordar parte das ferramentas mais importantes utilizadas na prática da Fisioterapia.

Abordaremos neste livro um conteúdo teórico-prático sobre os principais recursos e equipamentos da eletroterapia, da termoterapia e da fototerapia, bem como seu histórico na profissão, seus conceitos, suas características e aplicações, seus efeitos fisiológicos e terapêuticos, suas indicações e contraindicações. Além disso, estudaremos casos clínicos, exemplos práticos, técnicas de aplicação, tratamentos, dosimetria, cuidados e precauções em cada uma das modalidades terapêuticas, incluindo princípios éticos e condutas.

Uma boa compreensão desses recursos e modalidades garante ao futuro profissional de Fisioterapia a capacidade de definir, por meio do raciocínio lógico e científico, o melhor agente terapêutico a ser usado em cada caso durante sua prática clínica. Essa característica contribui essencialmente para a qualidade do fisioterapeuta que visa atuar sempre proporcionando condutas conscientes e eficazes para uma boa evolução e prognóstico dos quadros que terá em sua atuação.

Para um melhor aproveitamento de seus estudos, este livro foi didaticamente organizado, com os principais assuntos dessa temática separados em cinco breves capítulos.

Nos Capítulos 1 e 2, estudaremos a termoterapia. O capítulo 1 abordará em especial a hipertermoterapia (ou o uso do calor como terapia). Essa técnica, bem difundida em nosso dia a dia, será aqui analisada com bases científicas e efeitos terapêuticos comprovados, que garantem os benefícios do seu uso em situações indicadas. No capítulo 2, abordaremos a hipotermoterapia (ou o uso do frio como terapia), assim como suas principais indicações, efeitos e técnicas.

Veremos, no Capítulo 3, a importância do uso do ultrassom terapêutico como recurso na Fisioterapia e as suas principais aplicações.

Já no capítulo 4 estudaremos a fototerapia – modalidade que consiste na aplicação de luzes especiais como um tipo de tratamento clínico.

Na sequência, finalizaremos nosso estudo analisando a eletroterapia, todas as suas classificações, definições e os recursos a serem usados.

Esperamos que este material contribua de maneira significativa para sua atualização sobre o tema (constantemente necessária) e que, ao concluir a leitura desta

obra, você se sinta mais seguro e apoderado para decisões futuras sobre que caminho trilhar no tratamento e na abordagem de cada cliente!

Bons estudos!

1

Hipertermoterapia

Hipertermoterapia

Apresentação

Nos capítulos 1 e 2, estudaremos os agentes térmicos e a sua atuação como recurso terapêutico na Fisioterapia. Neste primeiro capítulo, em especial, abordaremos a hipertermoterapia, ou seja, o uso do calor como terapia.

Este capítulo trata de conceitos básicos e essenciais à prática profissional em relação ao uso dessas técnicas.

Para tanto, consideraremos inicialmente os princípios gerais, incluindo o conceito e o histórico da termoterapia, o significado do calor, de temperatura e de termorregulação; em seguida, estudaremos as modificações fisiológicas que o calor pode produzir no organismo humano, compreendendo assim os seus efeitos terapêuticos nos indivíduos.

Por fim, apresentaremos os tipos de utilização da hipertermoterapia – subdivididos em calor superficial e calor profundo –, e, assim, serão descritos, explicados e exemplificados os agentes que poderão ser usados em cada modalidade.

OBJETIVOS

- Identificar e compreender os principais conceitos sobre o calor e a sua utilização como terapia no contexto da prática clínica;
- Compreender os efeitos fisiológicos e terapêuticos da hipertermoterapia;
- Reconhecer a importância dessa modalidade na prática clínica e quando e como deverá ser utilizada;
- Identificar as diferenças entre calor superficial e calor profundo;
- Reconhecer indicações e contraindicações da aplicação das técnicas de hipertermoterapia;
- Definir, por meio de um raciocínio lógico e científico, o melhor agente terapêutico a ser usado como recurso em cada caso na prática clínica, enquanto profissional de Fisioterapia.

Termoterapia

Termoterapia é uma modalidade terapêutica que utiliza agentes térmicos com objetivos fisioterapêuticos de prevenção e cura, a partir do aumento ou da diminuição da temperatura tecidual. Classifica-se em: *hipotermoterapia* (uso do frio como terapia) e *hipertermoterapia* (uso do calor como terapia).

O uso de calor e de frio é provavelmente o mais antigo entre todos os recursos terapêuticos físicos; segundo registros históricos, a aplicação de água quente e fria com fins curativos para o corpo vem sendo utilizada em toda a história. (LOW; REED, 2001)

Desde 5000 a.C., os gregos já reconheciam o valor do frio e do calor em alguns tratamentos médicos. Mesmo textos mais antigos da Lei de Moisés mencionam as nascentes quentes (Gênesis 36.24) para aumentar a temperatura corporal visando aos efeitos terapêuticos. (KNIGHT, 2000; DAVID, 2009)

Data-se que, na época da Industrialização (séculos XVIII e XIX), concentraram-se os esforços na descoberta de novos métodos de tratamento de doenças e de sequelas – o que promoveu uma expressiva evolução na aplicação de agentes térmicos.

A partir de então, essa modalidade vem sendo fortemente estudada e aprimorada, proporcionando-nos um espectro vasto de possibilidades para seu uso e sendo considerada de grande importância na prática da Fisioterapia, conforme veremos nos dois primeiros capítulos desta obra.

Calor

A palavra calor não é estranha para nós; afinal, é muito comum em nosso cotidiano usarmos as expressões *calor* e *frio* para definirmos diversas situações. Por exemplo, ao conversarmos por telefone com alguém que mora em uma cidade diferente da nossa, costumamos perguntar: "Está calor por aí?"; muitas vezes, interpretamos essa expressão como sinônimo de: "A temperatura está elevada por aí?".

No entanto, será que as palavras calor e *temperatura* têm o mesmo significado?

A resposta é **não**! Embora associadas, elas apresentam conceitos distintos.

Calor pode ser definido como a vibração interna das moléculas de um corpo; já temperatura é uma medida do nível de calor, ou seja, é o grau de agitação térmica de um corpo, a qual pode ser quantificada por meio de um termômetro.

Na Física, o calor é entendido também como uma forma de energia que em consequência da diferença de temperatura entre sistemas, pode ser transferida de um para o outro. (ÇENGEl; GHAJAR, 2012)

A partir desses conceitos de calor e sua diferenciação, é necessário compreendermos o significado de calor específico.

CONCEITO

Calor específico é a quantidade de energia necessária para aumentar a temperatura de uma massa de uma substância em certo número de graus.

Fonte: CAMERON, M. Agentes físicos na reabilitação: da pesquisa à prática. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

Portanto, o calor específico é diferente para cada material e até mesmo para cada tecido do nosso corpo. Assim, um material com calor específico maior que o outro necessita de mais energia para atingir a mesma temperatura que aquele com baixo calor específico. Além disso, materiais com elevado calor específico tendem a manter por mais tempo essa energia.

O entendimento de todos esses conceitos é essencial para o uso de agentes térmicos como terapia. Por exemplo, o calor específico da água é maior que o de outros materiais comuns como o ar, o mercúrio ou a cera de parafina. Portanto, para transferir a mesma quantidade de calor para um paciente, os agentes térmicos à base de água precisam ser aplicados com uma temperatura mais baixa do que os agentes térmicos à base de ar ou de outro material que tenha baixo calor específico.

CONEXÃO

O Sistema Internacional de Unidades (SI), utilizado em grande parte do mundo e em diversas áreas de conhecimento, é o conjunto padronizado de definições de unidades de medida. Segundo o SI, atualmente as unidades utilizadas para temperatura, calor e calor especifico são:

Temperatura – Kelvin (K)

Calor – Joule (J)

Calor específico – Joule por quilograma e por Kelvin (J/Kg/K)

Na prática, são muito utilizados como unidades de medida: temperatura em graus Celsius (ºC); calor em calorias (cal); e calor específico em Joule por grama por grau Celsius (J/g/ ºC).

Para aprofundar seus estudos sobre unidades de medidas, acesse o link: < http://bit.ly/2rKu5Jp >.

Transferência de calor

Compreendidos todos os conceitos básicos sobre calor, abordados no tópico anterior, é importante prosseguirmos nosso estudo entendendo como ocorre a transmissão desse calor.

A aplicação dos agentes térmicos como terapia se baseia no princípio da transferência de calor. Assim, os agentes que promovem calor o transferem para o corpo do indivíduo; já os agentes que promovem resfriamento retiram calor do corpo do indivíduo.

Esse processo de transferência pode ocorrer principalmente de três maneiras: por **condução**, **convecção** ou **radiação**.

A **condução** acontece quando um corpo entra em contato direto com a fonte de calor ou frio, ou seja, consiste na transferência de calor entre dois sistemas em contato físico. Observamos facilmente isso nos metais, que são bons condutores de calor, quando deixamos, por exemplo, uma colher de metal cozinhando parcialmente dentro de uma panela; o calor logo é conduzido da extremidade da colher que está dentro da panela até a outra extremidade, fora da panela, a ponto de queimar a mão de alguém que a tocar. Assim a colher adquire temperatura igual em toda a sua extensão.

É importante ressaltar que alguns materiais são melhores condutores que outros.

São exemplos de modalidades terapêuticas que utilizam esse mecanismo: compressas úmidas quentes; bolsa e massagens com gelo; e banhos de parafina.

! ATENÇÃO

A transferência de calor por condução ocorrerá somente entre materiais com diferença de temperatura, sempre conduzindo o calor do material que tem a temperatura mais elevada para o que apresenta a mais baixa. Assim, é importante compreender que, na aplicação clínica, se o agente térmico tiver temperatura maior que a pele do indivíduo (p. ex., compressa quente), o calor será transferido do agente para o indivíduo, provocando aquecimento dos seus tecidos. O contrário também ocorrerá: caso o agente térmico possua temperatura me-

nor que a da pele do indivíduo (p. ex., bolsa de gelo), o calor será transferido do indivíduo para o agente, provocando resfriamento dos seus tecidos.

A **convecção** acontece quando as partículas promovem uma variação de temperatura, ou seja, há transporte de calor por meio do contato direto entre um meio em movimento e outro material de diferente temperatura. Ao contrário do mecanismo de condução, na convecção o agente térmico está em movimento.

São exemplos de modalidades terapêuticas que utilizam esse mecanismo: o turbilhão quente e o turbilhão frio.

A **radiação** acontece quando se transfere calor sem o uso de um meio (i.e., o calor é transferido sem a interferência de qualquer matéria). Há conversão de energia térmica em energia eletromagnética. Portanto, a transferência de calor ocorrerá do material com temperatura mais elevada para o material com temperatura inferior, sem a necessidade de contato físico entre eles ou da interferência de qualquer matéria.

Um exemplo de modalidade terapêutica que utiliza esse mecanismo é a lâmpada infravermelha.

CONEXÃO

A velocidade de aumento da temperatura causada pela radiação depende de sua intensidade, do tamanho da fonte de radiação, da superfície de tratamento, da distância entre eles e do ângulo de incidência da radiação sobre o tecido

Fonte: CAMERON, M. Agentes físicos na reabilitação: da pesquisa à prática. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

A **Figura 1.1** demonstra as formas de transferência de calor. O aquecimento do cabo de metal da panela se aquece por condução, o líquido dentro da panela se aquece por convecção, e a panela se aquece pela radiação do fogo.
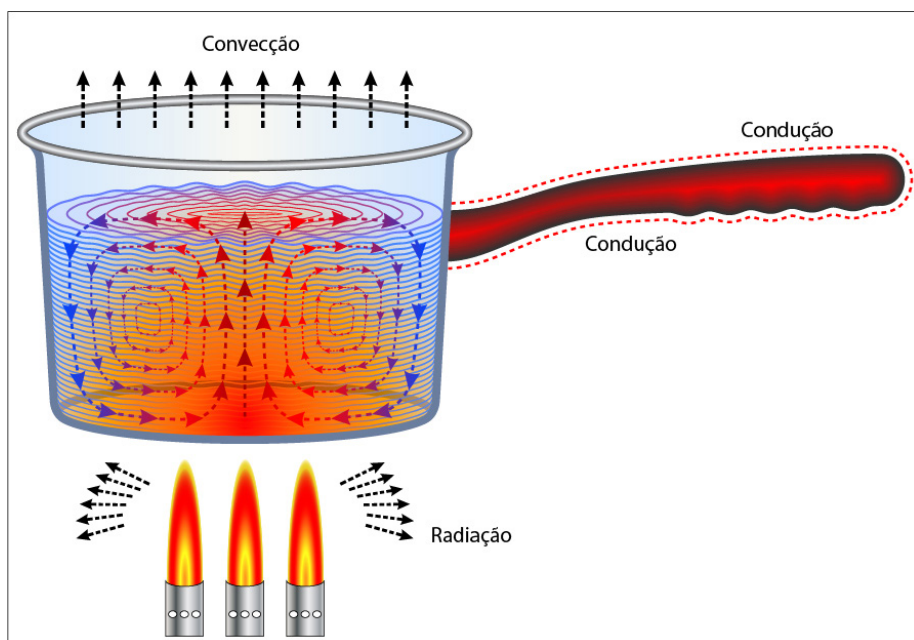
Figura 1.1 – Formas de transferência de calor.
(Fonte: < https://shutr.bz/2sJTEHV >. Acesso em: 2017 fev. 10.).

Termorregulação

A termorregulação pode ser definida como um conjunto de mecanismos que garantem a regulação da temperatura corporal de um organismo, de modo a garantir que sejam valores de temperatura compatíveis com a vida quando a temperatura do meio externo varia.

Ao abordarmos a terapia com os agentes térmicos, como veremos neste capítulo e no próximo, precisamos compreender como o organismo humano funciona em relação à sua temperatura interna, para, assim, entendermos os efeitos fisiológicos que podem ocorrer com a aplicação de calor ou frio no organismo.

O organismo do homem necessita de que a temperatura interna mantenha uma constância e de que seu sistema termorregulador a mantenha próximo de 37ºC, para conservação das suas funções normais.

Essa regulação de temperatura corporal é vital, pois mantém a integridade do organismo, uma vez que pequenas alterações da temperatura central podem resultar em alterações metabólicas e enzimáticas.

CONEXÃO

Temperatura central é a temperatura das estruturas e dos órgãos localizados profundamente. A temperatura da pele e a do tecido subcutâneo são muito variáveis.

A termorregulação, como dissemos, é um processo composto por um sistema. A temperatura central depende de um equilíbrio entre perdas e ganhos de calor, sendo principalmente pela pele que ocorre nossa troca de calor com o ambiente.

Os receptores da pele sinalizam as alterações de temperatura, sendo alguns receptores de calor e outros de frio.

A regulação térmica pode ocorrer de duas maneiras:

1) **Fisiológica**: controlada pelo hipotálamo e sensível à temperatura do sangue, está relacionada ao controle metabólico, vasomotor e hídrico;
2) **Comportamental**: controlada pelos centros superiores, é interpretada como desconforto a sensações de calor ou frio e leva a ações como vestir roupas leves e ligar o ventilador no calor e usar roupas pesadas e cobertores no frio.

Assim, a aplicação de agentes de calor ou frio em nosso organismo como terapia acarreta respostas fisiológicas em nosso corpo, as quais veremos mais detalhadamente a seguir.

Neste capítulo, abordaremos os efeitos fisiológicos da hipertermoterapia em nosso organismo, e, no capítulo 2, os efeitos da hipotermoterapia.

Efeitos fisiológicos e terapêuticos da hipertermoterapia

Efeitos fisiológicos da hipertermoterapia

O aquecimento corporal levará a alterações fisiológicas complexas. Em razão da variação das modalidades terapêuticas que podem produzir esse aquecimento e de seu local de aplicação, alguns efeitos podem diferir entre si e apresentar particularidades; porém, aqui abordaremos os efeitos fisiológicos do calor de um modo geral.

O calor é usado na prática clínica como terapia por exercer influência em processos hemodinâmicos, neuromusculares e metabólicos em nosso corpo.

Nossos tecidos, em geral, são atingidos pela mudança de temperatura tendo base em dois modos fundamentais: 1) mudanças físicas e químicas dependentes de temperatura, como: a viscosidade, taxa metabólica e extensibilidade do tecido colagenoso; e 2) mudanças relacionadas à regulação fisiológica para proteger o corpo de lesão, como acontece nos sistemas vascular e nervoso. (LOW; REED, 2001)

Portanto, é de extrema importância que o fisioterapeuta conheça, além do dos mecanismos de lesão e traumas, os efeitos fisiológicos dos agentes térmicos de aquecimento ou resfriamento, a fim de que seja capaz de estabelecer um programa de tratamento eficaz para o paciente. A seguir, estudaremos os principais efeitos fisiológicos do uso do calor.

Efeitos metabólicos

Segundo a Lei de Van't Hoff, qualquer ação química que pode ser afetada será aumentada pela elevação da temperatura. Sendo o metabolismo uma série de reações químicas, aumenta com a elevação da temperatura e tende a diminuir com a redução dela.

? CURIOSIDADE

Jacobus Van't Hoff foi o primeiro cientista a estudar a influência da temperatura sobre as velocidades das reações; suas conclusões podem ser usadas até hoje, como citamos no texto sobre a Lei de Van't Hoff.

Assim, existe relação recíproca entre a temperatura dos tecidos e a taxa metabólica celular. Quando a temperatura nos tecidos aumenta, a taxa metabólica se eleva e provoca aumento na temperatura dos tecidos.

Alguns tipos de proteínas (enzimas) são responsáveis por controlar processos metabólicos, e, com o aumento da temperatura, pode ocorrer a chamada **desnaturação das proteínas** e, então, a interferência do calor nesses processos metabólicos.

Além disso, quando há aumento na atividade enzimática, ocorre aumento na velocidade das reações bioquímicas celulares. Crescem, então, a demanda e o consumo por oxigênio, o que pode favorecer e acelerar a recuperação, como no caso de uma lesão crônica; no entanto, também é possível que tenha caráter destrutivo, como, por exemplo, no caso de pacientes com artrite reumatoide em

que o aumento de atividade da enzima colagenase pode intensificar a destruição de sua cartilagem.

! ATENÇÃO

Os efeitos do calor sobre nossos tecidos são, em geral, opostos aos da aplicação do frio; o calor costuma ser indicado nos estágios inflamatórios subagudos e crônicos de uma lesão. Portanto seu uso nas lesões agudas deve ser evitado, já que sua aplicação em um ciclo inflamatório ativo aumentará a taxa de metabolismo celular e acelerará o grau de lesão hipóxica.

Efeitos nos vasos sanguíneos

O calor causa o que chamamos de vasodilatação – que significa dilatação ou aumento do diâmetro dos vasos sanguíneos, aumentando o fluxo de sangue. Esse fluxo elevado aumenta o suprimento de oxigênio, nutrientes e anticorpos para a área acometida.

Essa vasodilatação pode ocorrer por diversos mecanismos, incluindo aumento da liberação local de mediadores químicos da inflamação, ativação reflexa dos músculos lisos dos vasos sanguíneos e ativação indireta de reflexos medulares.

Além de a vasodilatação ocorrer para distribuir o calor adicional pelo corpo, ela acontece também para proteger o tecido de aquecimentos excessivos e danos.

Efeitos neuromusculares

A aplicação de calor estimula os receptores sensoriais da pele que transmitem informações aos centros de controle de temperatura, auxiliando na regulação da temperatura corporal.

Também se acredita que o calor exerce efeito relaxante no tônus musculoesquelético e, ainda, que o aquecimento das terminações nervosas dos fusos musculares aferentes secundários e das terminações tendíneas de Golgi pode ser o modo pelo qual o espasmo muscular se reduz com o aquecimento.

Além disso, a elevação da temperatura aumenta a velocidade da condução nervosa, e tem-se verificado que esse mecanismo pode contribuir para a redução da sensação de dor.

Por último, estudos constataram que a força e a resistência muscular diminuem durante os 30 primeiros minutos após aplicação de calor profundo e superficial .(CAMERON, 2011)

! ATENÇÃO

Uma vez que a medida da força é usada na clínica para se verificar o progresso do paciente, é recomendado que a medição de força e resistência muscular seja feita antes da aplicação de alguma modalidade de calor (e não após, pois poderá criar informações falsas).

Alteração na extensibilidade do tecido

A elevação da temperatura do tecido mole aumenta sua extensibilidade. Portanto, quando aplicado algum agente de calor no tecido mole antes de alongá-lo, em uma temperatura terapeuticamente aplicável, a extensibilidade do tecido colagenoso aumenta. Assim o tecido demonstra um maior aumento de comprimento com a aplicação da força do alongamento, e então menos esforço é necessário, reduzindo o risco de rompimento do tecido.

Além disso, aquecer o tecido antes de um alongamento prolongado proporciona a deformação plástica – efeito de quando o tecido aumenta seu comprimento ao se alongar e mantém essa medida após se resfriar.

Veremos adiante que, para esses efeitos fisiológicos serem alcançados, é necessário que o aquecimento ofertado pelos agentes chegue até as estruturas corporais que objetivamos tratar. Vale então lembrar que os agentes de calor superficiais podem causar esse aumento de temperatura somente em estruturas superficiais, mas, para o aquecimento de estruturas mais profundas, devem ser usados agentes de aquecimento profundo.

Efeitos terapêuticos da hipertermoterapia

Nos tópicos anteriores, estudamos os efeitos fisiológicos gerais que acontecem em nosso corpo com a aplicação do calor; agora veremos os principais efeitos terapêuticos que objetivamos ter com o uso do calor em nossa prática clínica.

Mecanismo de alívio da dor

O calor é amplamente utilizado como forma de analgesia. Esse efeito pode ocorrer por mecanismos diversos, que abrangem: o controle da transmissão da dor pela ativação dos termorreceptores cutâneos; a diminuição do espasmo muscular; a redução da isquemia ou ainda a alteração da condução ou da transmissão nervosa.

Os efeitos considerados indiretos pela aplicação do calor como terapia na recuperação dos tecidos e na isquemia são atribuídos à vasodilatação e ao aumento do fluxo sanguíneo. O aumento da circulação de sangue na área lesionada diminui a congestão, possibilitando que o oxigênio chegue às células em hipóxia; além disso, ajuda a remover parte dos agentes químicos causadores da dor que resultam da lesão do tecido.

Outro benefício registrado é a experiência psicológica do calor como agente confortável e relaxante, o que pode influenciar a percepção de dor pelo indivíduo.

Vale relembrar que, embora o uso do calor tenha efeito sobre qualquer tipo de dor, essa modalidade não é recomendada como intervenção em dores de origem inflamatória aguda por agravar outros sinais e sintomas da inflamação.

Aumento da amplitude de movimento articular

Pelos mecanismos vistos anteriormente nos efeitos fisiológicos da hipertermoterapia, aprendemos que o calor causa extensibilidade aos tecidos. Além desse, outros mecanismos parecem influenciar o aumento da amplitude articular pelo uso do calor, como: o efeito analgésico que a hipertermoterapia promove, possibilitando uma maior tolerância ao alongamento por parte do paciente e também o aumento do fluxo sanguíneo, que pode ter relação com a diminuição da rigidez articular.

Na prática, para que esse efeito seja alcançado, é ideal nos atentarmos quanto ao tipo de agente térmico utilizado e à temperatura que alcançaremos com ele.

CONEXÃO

A faixa terapêutica adequada para que se obtenham os efeitos desejados e não haja danos é manter o tecido a uma temperatura entre 40°C a 45°C por 5 a 10 minutos. Recomenda-se que o alongamento seja realizado durante e imediatamente após a aplicação do calor, de maneira prolongada e com pouca carga.

Processo de reparo tecidual

A aplicação do calor pode acelerar a recuperação tecidual, pois promove o aumento da taxa metabólica e do fluxo sanguíneo, elevando, assim, a oferta de oxigênio e nutrientes aos tecidos afetados e removendo os resíduos.

Podemos destacar esses benefícios principalmente nos estágios de proliferação ou renovação no processo de cura tecidual e quando há inflamação crônica.

Portanto, essa modalidade é aplicada mais amplamente em variadas condições crônicas e pós-traumáticas – como artroses, lesões de tecidos moles e cicatrização pós-cirúrgica.

Calor superficial

Conforme dito, a hipertermoterapia é classificada em calor superficial e calor profundo. Abordaremos mais detalhadamente aqui o calor superficial e, posteriormente, o calor profundo.

Os agentes de calor superficial são aqueles que basicamente aumentam a temperatura da pele e dos tecidos subcutâneos, produzindo um aquecimento local a uma profundidade de 1 a 3 cm.

Agentes terapêuticos

Forno de Bier

De acordo com a literatura, o forno de Bier é considerado um dos mais antigos dispositivos usados como aplicação de calor terapêutico pela Fisioterapia.

Trata-se de um aparelho com formato em U, constituído de flandre e madeira, forrado internamente com uma camada de material isolante (asbesto) e aberto em suas duas extremidades. Ele contém em seu interior em cada lado de suas paredes na face interna, resistores de níquel-cromo, protegidos por uma placa de ardósia, a qual tem a função de evitar queimaduras e eletrocussão pelo contato direto com o paciente.

Atualmente os fornos comercializados são à resistência elétrica e possuem um termostato (resistor variável para altas correntes), que mantém a temperatura constante dentro do forno, promovendo maior segurança ao tratamento terapêutico. Sem o termostato, o forno pode ultrapassar 150ºC, uma temperatura suficiente para causar sérias queimaduras no paciente.

É considerado um equipamento de baixo custo, fácil aplicação e vida útil extensa.

A temperatura para o tratamento varia principalmente de acordo com a sensibilidade do paciente ao calor e com a área a ser tratada. Indica-se que a temperatura de aplicação gire em torno de 45 a 60ºC, propiciando ao tecido tratado uma elevação de temperatura em torno de 40 a 45ºC, a indicada para produzir efeitos terapêuticos desejados, como visto anteriormente neste capítulo.

Quanto ao tempo de tratamento, é aconselhado que a aplicação seja realizada em torno de 20 a 30 minutos.

É importante acrescentar que a área a ser tratada com o forno de Bier deve estar exposta, mas, caso se utilize um forno de Bier sem termostato, essa região tem de ser envolvida com uma toalha úmida. Além de ser também recomendado nesses casos o uso de um termômetro acoplado ao forno, que, de tempos em tempos, informe ao profissional a real temperatura interna do aparelho, protegendo o paciente de eventuais queimaduras.

Atualmente, o forno de Bier vem sendo pouco utilizado nos cenários práticos, mas ainda pode ser usado com o objetivo principal de relaxar a musculatura com contraturas, sedar ou diminuir a dor.

Cuidados

Os seguintes cuidados devem ser tomados pelo fisioterapeuta durante a utilização do forno de Bier em sua prática clínica:

- Sempre se lembrar de verificar a sensibilidade térmica do paciente;
- Verificar a pele antes e depois da aplicação;
- Orientar o paciente sobre o comportamento adequado durante a aplicação, para que não haja queimaduras;
- Retirar objetos metálicos ou plásticos da área a ser inserida no forno de Bier;
- Não permitir que o paciente durma, pois isso diminui a percepção térmica dele;
- Observar sempre a temperatura do forno e o feedback que o paciente lhe proporciona sobre a percepção térmica;
- Monitorar PA e frequências cardíaca e respiratória;
- Ter cuidado especial com crianças e idosos.

ATENÇÃO

Não utilize o forno de Bier nas seguintes áreas e condições: cabeça, face, cervical, ombro e saco escrotal.

Banho de parafina

O banho de parafina (**Figura 1.2**) consiste em um tanque geralmente de aço inox (aquecido eletricamente), que contém uma mistura de parafina medicinal e óleo mineral. A proporção média é de sete partes de parafina para uma parte de óleo (7:1).

Figura 1.2 – Banho de parafina.
(Fonte: <https://shutr.bz/2qQEdNv>. Acesso em 2017 fev.l 10.)

Os banhos de parafina são mantidos em uma faixa de temperatura entre 42 e 52ºC para tratamento. Geralmente é mantida a temperaturas constantes mais altas de 47,7ºC a 52,2ºC para tratamentos das extremidades superiores e mantida a faixas de temperaturas mais baixas de 45 a 49,4ºC quando aplicados para tratamentos de extremidades inferiores.

A parafina tem calor específico baixo; por isso, pode fornecer aproximadamente seis vezes mais calor que a água. Assim a parafina é percebida como mais fria e, então, mais tolerável do que o tratamento com a água na mesma temperatura.

Sendo um agente superficial, a parafina é utilizada para oferecer calor a áreas de extremidades pequenas e de formas irregulares, como: mãos, dedos, punhos e pés.

Cuidados

Devemos observar alguns cuidados importantes para sua aplicação, como:

- Verificar a temperatura do banho antes de iniciar o tratamento;
- Manter o tanque de parafina fechado quando não estiver em uso (para evitar a deposição de micro-organismos);
- Trocar a parafina com frequência e nunca repor a que já foi utilizada;
- Instruir o paciente sobre o que será feito no tratamento e como deve ser seu comportamento;
- Lavar o membro a ser tratado e verificar a sensação de temperatura e a integridade da pele;
- Sempre posicionar o paciente confortavelmente;
- Manter imóvel o segmento tratado para que não haja rachaduras e a consequente perda de calor;
- Orientar o paciente a não encostar na cuba metálica ou na resistência elétrica no fundo do tanque de parafina.

Técnicas de aplicação

Há vários métodos de aplicação de parafina, cada qual com suas vantagens e desvantagens. A seguir, são apresentadas as técnicas mais comuns a serem utilizadas:

Imersão contínua ou mergulhe e deixe (Figura 1.3): no banho de imersão, o paciente mantém a área tratada na cuba por toda a duração do tratamento (em média de 30 minutos).

Imergir e envolver ou método da luva (Figura 1.4): consiste em colocar no tanque de parafina o segmento tratado e em seguida retirá-lo, aguardar de 3 a 5 segundos e colocá-lo novamente no tanque, repetindo esse processo de 6 a 10 vezes, até formar uma luva de parafina sólida. Após, envolva esse segmento com um plástico ou uma toalha para manter a temperatura local.

Figura 1.3 – Técnica da imersão contínua.
(Fonte: https://shutr.bz/2rDBF6o. Acesso em: 2017 fev. 10.)

Figura 1.4 – Técnica método da luva.
(Fonte: < https://shutr.bz/2qU6AON >. Acesso em: 2017 fev. 10.)

Turbilhão

Turbilhão (**Figura 1.5**) é uma cuba ou banheira na qual a água é agitada por uma turbina elétrica. Pode ter diversos tamanhos, sendo que os menores servem para tratar os membros, e os maiores possibilitam até que o paciente fique sentado em seu interior.

Figura 1.5 – Turbilhão.
(Fonte: < *https://shutr.bz/2rLCs7C* >. Acesso em 2017 fev. 10.)

Trata-se de um método efetivo de aplicar calor (ou frio também), principalmente em áreas de contorno irregular. A agitação e a aeração da água promovidas pelo movimento da turbina proporcionam efeito massageador, que resulta em sedação, analgesia e aumento da circulação sanguínea. Os benefícios terapêuticos são resultados da combinação da ação do calor com essa suave massagem produzida pela água.

CONEXÃO

A água cria também um ambiente de suporte para exercícios ativos. Em exercícios lentos, a flutuação do membro ajuda a movimentação; em exercícios realizados mais rapidamente, a água atua como uma resistência ao movimento, auxiliando no fortalecimento do segmento.

A temperatura do turbilhão não deve exceder 43ºC para evitar queimaduras. É indicado que a temperatura na faixa de 26ºC a 33ºC seja usada para exercícios; já a temperatura entre 33ºC e 35,5ºC é adequada para o tratamento de feridas abertas e em pacientes com transtorno circulatório, além de controlar o tônus em pacientes com hipertonicidade. O aquecimento leve com temperatura de 35,5ºC a 37ºC pode promover maior mobilidade e relaxamento. Já um turbilhão quente, com temperaturas na faixa de 37ºC a 40ºC, ou muito quente, variando de 40ºC a 43ºC, é recomendado para controlar a dor e aumentar a extensibilidade do tecido mole.

Além disso, a pressão do jato do turbilhão deve ser regulada para uma maior ou menor intensidade a fim de proporcionar o efeito desejado, como: massagear uma região, dessensibilizar o coto, diminuir aderências e fibroses ou aliviar contraturas musculares.

Cuidados

Certos cuidados são recomendados ao profissional para a prática do turbilhão. São eles:

- Certificar-se de que a área é equipada com interruptores de circuito com aterramento de segurança;
- Acompanhar todo o tratamento do paciente, estando ao lado dele para qualquer eventualidade;
- Evitar o uso por parte de pacientes com doenças contagiosas;
- Limpar a área que será tratada (preferencialmente com água e sabão neutro);
- Checar se a água possui alguma substância antisséptica;
- Trocar a água do turbilhão no início do dia de trabalho e no mínimo mais uma vez durante a rotina desse mesmo dia.

Compressas quentes e bolsas de água

As compressas quentes e bolsas de água são modalidades de aquecimento superficial que transferem calor para o paciente por condução.

As compressas quentes comerciais (**Figura 1.6**), feitas geralmente de lona por fora e preenchidas com gel de sílica ou substância semelhante, são capazes de absorver grande número de moléculas de água. Elas são colocadas em um dispositivo de aquecimento e ficam imersas em água a aproximadamente 71,1ºC a 76,6ºC. Após

serem retiradas desse dispositivo, conseguem armazenar o calor por cerca de 30 a 45 minutos. São encontradas no mercado com uma grande variedade de tamanhos e estilos, proporcionando ao paciente seu uso em diferentes partes do corpo.

Figura 1.6 – Compressa quente.
(Fonte: *https://shutr.bz/2rDxqrK*. Acesso em: 2017 fev 10.)

Constituídas de borracha, as bolsas de água ou térmicas (**Figura 1.7**) têm abertura em forma de bocal em uma de suas extremidades, para que seja preenchida de água quente e, posteriormente, fechada para aplicação na área do corpo a ser tratada. Geralmente se mantém à temperatura de 38ºC a 42ºC e fica posicionada sobre a pele por 30 minutos. Em pessoas sensíveis a temperatura, a aplicação pode ser feita colocando-se uma toalha úmida entre a bolsa e a superfície da pele.

Figura 1.7 – Bolsa de água.
(Fonte: < https://shutr.bz/2qQKadc >. Acesso 2017 fev. 10.)

Outros tipos de compressas também são usados terapeuticamente, como uma toalha felpuda ou um pedaço de gaze absorvente ou de lã, embebidos em água muito quente e depois torcidos para retirada do excesso de água, sendo aplicados diretamente no local a ser tratado e mantidos por 20 a 25 minutos.

Todas essas técnicas aplicam aquecimento úmido e resultam em um rápido aumento da temperatura superficial da pele. Seus principais efeitos terapêuticos são sedativos e relaxantes.

Vale ressaltar que o aquecimento é controlado pela tolerância ao calor do indivíduo, ou seja, conforme necessário, realiza-se a adição ou remoção de toalhas entre o agente e a pele do paciente. As compressas quentes começam a perder calor e a esfriar em aproximadamente 10 minutos; para um efeito de calor prolongado, é necessária a troca da compressa por uma nova, de tempos em tempos, a fim de que se mantenha a temperatura.

Cuidados

Para a aplicação desses métodos, são necessários os seguintes cuidados:

- Evitar que compressas com temperaturas muito elevadas entrem em contato direto com a pele e, consequentemente, queimem o paciente; deve-se monitorar sempre a temperatura da compressa;
- Se utilizar a bolsa de água, ter certeza de que o bocal está totalmente fechado para que o líquido não extravase e queime o paciente;
- Retirar metais e objetos de plástico da área a ser tratada;
- Posicionar o paciente confortavelmente e verificar com frequência suas sensações quanto ao calor;
- Não utilizar essas técnicas sobre feridas abertas e dermatites.

Indicações e contraindicações gerais do uso de calor superficial

A seguir, citamos as principais indicações e contraindicações para as modalidades de calor superficial. É importante estudar atentamente cada uma delas e também as características individuais e peculiares de cada caso e de cada paciente.

Indicações

- Condições subagudas ou crônicas, tais como osteoartrite, lesão musculares, espasmos e contraturas;
- Analgesia;
- Aumento da amplitude de movimento e diminuição da rigidez articular;
- Pré-massoterapia e Pré-cinesioterapia;
- Remoção de edema subagudo;
- Entorse subaguda;
- Contusão subaguda.

Contraindicações

- Condições musculoesqueléticas agudas;
- Hemorragia recente ou iminente;
- Tromboflebite;

- Alteração de sensibilidade e/ou déficit cognitivo;
- Tumor maligno;
- Ferida aberta;
- Doença vascular periférica;
- Quadros febris.

Calor profundo

Os agentes de calor profundo, diferentes dos de calor superficial, são capazes de aumentar a temperatura dos tecidos mais profundos, como os grandes músculos e as estruturas periarticulares, alcançando geralmente profundidade de 3 a 5 cm.

Neste capítulo, apresentaremos como agentes térmicos profundos as ondas curtas e as micro-ondas. Reservaremos todo o capítulo 3 para discutirmos os conceitos, os efeitos e as propriedades do ultrassom, pois não há um consenso entre os autores dessa temática sobre a categoria em que o ultrassom deve ser incluído. Isso por causa de sua presença no espectro acústico e sua capacidade de produzir efeitos não térmicos, além de suas propriedades térmicas.

Agentes terapêuticos

Ondas curtas

Uma das modalidades de aquecimento profundo é a diatermia por ondas curtas (Figura 1.8). A palavra diatermia origina-se do grego e significa aquecimento por meio de. Nesse caso, diatermia por ondas curtas significa aquecimento por meio de ondas curtas.

Figura 1.8 – Diatermia por ondas curtas pelo método de indução.
(Fonte: < *https://shutr.bz/2gQAG1y* >. Acesso em: 2017 fev. 11.)

O mecanismo terapêutico básico que consideraremos é a oferta de calor pela conversão de energia eletromagnética de alta frequência em energia térmica nos tecidos do paciente. A radiação de ondas curtas está dentro da faixa de radiofrequência –, ou seja, utiliza uma energia semelhante à das ondas de rádio, mas com comprimentos de ondas menores. São radiações eletromagnéticas cujo valor no espectro eletromagnético varia quanto à frequência, (de 10 a 100 MHz) e, por serem faixas de ondas mais curtas, usadas na diatermia terapêutica, são assim chamadas também na prática clínica (ondas curtas). A frequência mais usada é 27,12 MHz, com um comprimento de onda de 11 m.

A diatermia por ondas curtas pode ser administrada como **corrente contínua** ou como um campo eletromagnético **pulsado**. O modo pulsado é produzido interrompendo-se periodicamente o fluxo de corrente de alta frequência, de maneira que ela esteja ligada por um período e desligada por outro tempo igual ou maior. Esse período em que está desligada possibilita que o calor criado seja dissipado.

O uso da diatermia teve origem em 1892, pelo físico e médico fisiologista francês Jacques Arsène d'Arsonval, ao utilizar campos de radiofrequência eletromagnética para produzir a sensação de calor sem contrações musculares. A

diatermia por ondas curtas vem sendo adotada pela Fisioterapia há mais de 50 anos, e seus efeitos térmicos profundos podem tratar vários acometimentos nos tecidos moles profundos e que não conseguem ser alcançados por outros tipos de transferência de calor.

É importante que o fisioterapeuta tenha boa aprendizagem das bases da diatermia, pois isso possibilita uma utilização mais assertiva e com menor risco de danos ao paciente.

Características biofísicas

O fator essencial que determinará se o aparelho de diatermia aumentará a temperatura do tecido é a quantidade de energia absorvida por esse tecido. Isso será determinado pela intensidade do campo eletromagnético produzido pelo aparelho e pelo tipo de tecido da área a ser tratada. (CAMERON, 2011) Na prática, os tecidos mais vascularizados – como o músculo e o osso – são considerados bons condutores de energia eletromagnética.

Campos elétricos e campos magnéticos podem ser criados em tecidos humanos ao se utilizar sobre eles a diatermia por ondas curtas. Quando aplicada essa modalidade, o paciente se torna parte do circuito elétrico pelo uso de uma bobina indutiva ou por eletrodos do tipo capacitativo ou condensador, que veremos com detalhes mais à frente.

Para uma melhor compreensão, é importante expor alguns conceitos inerentes a essa temática, que constituem a base biofísica para os efeitos dessa técnica de calor profundo:

- **Efeito Joule:** quando uma energia elétrica atravessa um condutor, parte dessa energia é transformada em calor, ou seja, calor é produzido pela passagem de corrente de alta frequência em estruturas orgânicas;
- **Fenômeno de d´Ansorval**: por meio de uma experiência, ocorre a comprovação de que não há contração muscular na passagem de corrente elétrica de alta frequência;
- **Experiência de Schliephack**: comprova que o uso de eletrodos muito próximos à superfície da pele promovia aquecimento somente nos tecidos superficiais, e, quando se afastavam os eletrodos da superfície da pele, as linhas de força eram alinhadas e produzia-se um calor profundo;

- **Ausência de fenômenos eletrolíticos:** não é evidenciada a quebra de moléculas (eletrólise) na passagem das correntes de energia elétrica, pois sua velocidade de propagação é muito elevada.

Constituição do equipamento

O aparelho de ondas curtas consiste em um provedor de potência que vai fornecê-la a um oscilador de frequência de rádio. Esse oscilador é responsável por fornecer estabilidade e oscilações estáveis na frequência solicitada a um amplificador de potência que gera a potência necessária para acionar diferentes tipos de eletrodos. A energia amplificada é ligada a um reservatório de ressonância de produção sintonizada, que vai sintonizar o paciente a fazer parte do circuito e possibilitar a transmissão do máximo de energia a ele.

O painel de controle de um aparelho de ondas curtas é, em sua maior parte, composto de:

- Interruptor de potência;
- Controle de intensidade de saída;
- Sintonizador;
- Amperímetro;
- Temporizador, que varia de 5 a 25 minutos;
- Interruptor, para escolha do modo contínuo ou pulsado.

Efeitos fisiológicos e terapêuticos

Em relação aos efeitos, uma vez que a aplicação da diatermia por ondas curtas visa principalmente à obtenção de aquecimento nos tecidos, pela passagem das ondas eletromagnéticas por conversão, os seus principais benefícios são, em geral, relacionados ao calor, conforme detalhamos no início deste capítulo. Terá, portanto, efeito similar a outras modalidades de calor, diferenciando-se pela profundidade alcançada.

A **Tabela 1.1** destaca os efeitos fisiológicos e terapêuticos obtidos a partir da técnica de ondas curtas:

EFEITOS FISIOLÓGICOS	EFEITOS TERAPÊUTICOS
Produção de calor Vasodilatação Aumento do fluxo sanguíneo Elevação da taxa metabólica Aumento do fornecimento de oxigênio para a região	Diminuição da rigidez articular Relaxamento muscular Alteração do limiar de dor Auxílio na cicatrização Auxílio na resolução da inflamação

Tabela 1.1 – Efeitos fisiológicos e terapêuticos das ondas curtas.
Fonte: Autoria própria (2017).

Técnicas de uso

A diatermia utiliza um campo condensador/capacitativo ou um campo de indução para produzir calor.

A aplicação por meio de uma unidade de condensador coloca o paciente dentro do circuito da energia do aparelho. São usadas duas placas isoladas em ambos os lados do local a ser tratado. O fluxo de energia eletromagnética passa pelos tecidos do paciente, que vão atuar como resistores elétricos, ou seja, transformar a energia elétrica em térmica por meio do efeito joule, que vimos anteriormente.

A aplicação pelo método de indução não insere o paciente diretamente no circuito. Os tecidos a serem tratados são alcançados pela radiação emitida do campo eletromagnético criado pelo eletrodo. Utiliza-se um eletrodo com cabo isolado que pode ser enrolado na extremidade a ser tratada ou embutido em um tambor.

Eletrodos

Os eletrodos são úteis para conectar o paciente ao circuito elétrico do gerador de alta frequência, por meio de um aplicador condensador (mais usado na prática clínica) ou de uma bobina de indução.

1) Condensadores:

- Placas metálicas flexíveis: são placas acolchoadas por materiais como plástico, borracha, feltro ou espuma, geralmente com 3 tipos de tamanho (pequeno, médio e grande). É utilizada com uma camada de toalha dobrada entre a placa

e a pele do paciente (cerca de 2 a 4 cm), evitando assim o risco de aquecimento e a ineficácia da diatermia. A região a ser tratada deve estar centrada entre os dois eletrodos;

• Eletrodo Schliephack: são eletrodos metálicos redondos, incluídos em uma cobertura de plástico transparente ou vidro e acoplados a braços mecânicos ajustáveis que posicionam o eletrodo na área a ser tratada. Não é necessário o uso de toalhas ou coberturas entre o eletrodo e a pele, mas eles têm de ficar a uma distância de 30 cm da superfície a ser tratada.

2) Indutivos (pouco utilizados na diatermia por ondas curtas no Brasil):

• Tambor (ver Figura 1.8): consiste em um único eletrodo, em forma de tambor, cujo interior mantém uma bobina indutiva. É aplicado próximo à área a ser tratada, de modo que a bobina fique paralela à superfície da pele;

• Cabo: dotado de isolamento, é por ele que passa a corrente elétrica. Pode ser enrolado na área que será tratada. Devem ser usadas várias toalhas secas entre a pele e o cabo, aumentando sua distância.

Técnicas de aplicação de eletrodos

Contraplanar ou Transversal: um eletrodo é posicionado lateralmente e o outro medialmente, ou um eletrodo na parte anterior e o outro na região posterior. Ou seja, os eletrodos estão em faces anatômicas opostas, porém na mesma direção. Essa técnica costuma ser utilizada quando se deseja atingir estruturas mais superficiais, como, por exemplo, ligamento colateral do joelho.

Longitudinal: os eletrodos são colocados nas extremidades dos membros, de modo que os tecidos fiquem na mesma linha de força, ou seja, em paralelo. O ponto positivo dessa técnica é a penetração mais efetiva do eletromagnetismo nos tecidos, pois a resistência oferecida pelos tecidos diminui. Exemplo de posicionamento: um eletrodo na parte anterior da coxa e outro na região plantar (paciente sentado).

Coplanar: os eletrodos são posicionados no mesmo plano. Esse método promoverá um efeito mais superficial. Exemplo: em afecções da coluna vertebral, o paciente pode deitar em cima dos eletrodos.

Dosimetria

Na prática clínica, a maior parte dos profissionais utiliza um método padronizado de dosimetria que dependerá do relato das sensações térmicas que o

paciente apresenta; para isso, existe uma escala comumente usada, denominada Escala de Schliephake.

Escala de Schliephake
I – Calor muito débil = calor imperceptível, abaixo do limiar de sensibilidade de aquecimento.
II – Calor débil = imediatamente perceptível, é o início da sensação de aquecimento.
III – Calor médio = sensação mais clara do calor, é um calor agradável.
IV – Calor forte = no limite da tolerância, é um calor desconfortável.

Essa escala é usada para graduar a dose, de acordo com a sensação relatada pelo paciente.

A literatura nos indica que casos subagudos devem ser tratados com doses mais baixas, e patologias crônicas, com doses mais elevadas.

Na prática, existe uma intensidade terapêutica (intensidade de segurança) usada com frequência, aproximadamente 70mA durante 30 minutos.

Tempo de aplicação

Preconiza-se:
- Fase aguda – Em média de 10 a 15 minutos;
- Fase subaguda – Em média de 15 a 20 minutos;
- Fase crônica – Em média de 20 a 30 minutos.

Sintonia

Como vimos, é de total importância que os aparelhos de diatermia por ondas curtas sejam sintonizados para a eficácia do tratamento.

Para sintonizá-los, devemos:

1- Colocar os eletrodos na distância pré-estabelecida;

2- Eleger uma potência de acordo com a escala de Schliephake;

3- Girar o botão da sintonia levemente para a direita ou esquerda, de modo que o ponteiro vá se movimentando no sentido horário; quando ele atingir o máximo da deflexão, retornará levemente no sentido contrário;

4- Se por algum motivo a posição dos eletrodos ou seu tamanho forem alterados, o aparelho deverá ser sintonizado novamente.

Cuidados

É de extrema importância observar os cuidados a seguir na aplicação da diatermia por ondas curtas:

- Devido à radiação eletromagnética, equipamentos eletrônicos ou magnéticos devem ser removidos do campo; acessórios, aparelhos auditivos, relógios e afins também devem ser retirados tanto pelo paciente quanto pelo terapeuta;
- A região tratada deve estar desnuda e seca;
- O paciente deve ser informado sobre o aparelho, o tratamento e as sensações;
- Não se deve utilizar o aparelho em camas de metal; apenas nas de madeira ou que possuam isolantes;
- É necessário acompanhar o paciente durante todo o tratamento, evitando que ele se mexa muito e que durma;
- Todos os parâmetros do aparelho e a sensibilidade do paciente devem ser cuidadosamente observados;
- A área a ser tratada deve ser examinada antes e após a aplicação do aparelho.

Indicações e contraindicações

Indicações:

- Controle da dor e edema;
- Analgesia;
- Aceleração da cicatrização de tecidos;
- Estímulo da circulação sanguínea;
- Relaxamento muscular;
- Aumento da extensibilidade do colágeno, aumentando amplitude de movimento;
- Entorses subagudas ou crônicas;
- Distensão muscular;
- Tendinite e tenossinovite;
- Lombalgia e lombociatalgia;
- Sintomas de Osteoartrite;
- Pós-imobilização.

Contraindicações:

- Quadros inflamatórios agudos;
- Gestantes;
- Tumores malignos;
- Alterações sensitivas;
- Estado febril;
- Doenças infecciosas;
- Marca-passo;
- Tuberculose;
- Trombose;
- Osteossínteses com placas e parafusos e fixadores externos;
- Cardiopatas descompensados;
- Tecidos expostos a radioterapia;
- Aplicação nas gônadas;
- Hemorragias.

Micro-ondas

Como estudamos no tópico anterior, a palavra *diatermia significa produção de calor por meio de*. No entanto, também usamos essa expressão para descrever as ondas eletromagnéticas na faixa das micro-ondas.

Micro-ondas são vibrações eletromagnéticas, com frequência na faixa de 300 MHz a 300Ghz, e comprimento de onda na faixa de 1mm a 1m.

A diatermia por micro-ondas tem frequência muito mais alta e comprimento de onda mais curto do que a diatermia por ondas curtas. O aquecimento produzido por essa diatermia atua tanto na pele quanto em tecidos mais profundos; porém, a eficiência da sua profundidade é menor do que a obtida pelo ultrassom e pela diatermia por ondas curtas. Apesar disso, por ter uma frequência muito alta, as micro-ondas são bem mais absorvidas pelo organismo, com menores perdas do que as ondas curtas, por exemplo.

Na prática da Fisioterapia, há aparelhos (**Figura 1.9**) operando em duas frequências: 2.456 MHz com 12,25 cm de comprimento de onda (a faixa usada no Brasil) e 915 MHz com comprimento de onda 327 mm, usada nos Estados Unidos.

Figura 1.9 – Aparelho gerador de diatermia por micro-ondas.
(Fonte: < *https://shutr.bz/2sa2SAz* >. Acesso em: 2017 fev. 11.) 11/02.

Equipamento

O equipamento utilizado como gerador de diatermia por micro-ondas é composto de:

- Válvula magnetron multicavitária;
- Cabo para transmissão de energia de alta frequência até uma antena;
- Sistema de direcionamento para a transmissão da energia (através do ar) até o paciente.

A obtenção das micro-ondas por ser uma frequência muito alta e se dá por um dispositivo único, denominado Magnetron. Ele é responsável por gerar correntes oscilantes diretamente do movimento de alta velocidade dos elétrons, ou seja, cria uma frequência de resposta. Essas correntes são canalizadas e transmitidas ao longo de um cabo axial até a antena ou o emissor, indo a uma superfície refletora e, assim, até o paciente.

Essa superfície refletora são os eletrodos, que podem ser de vários tamanhos e formas, para se acoplarem a várias regiões diferentes.

A energia eletromagnética da radiação por micro-ondas, quando absorvida dentro dos tecidos, provoca movimento iônico, rotação de dipolos e distorção da órbita dos elétrons – o que leva ao aquecimento. Portanto, a quantidade de aquecimento será proporcional à quantidade de radiação absorvida.

As micro-ondas são aplicadas de fora para dentro dos tecidos, sendo fortemente absorvidas pela água; então, o que se espera é que o aquecimento seja maior na superfície dos tecidos e diminua em sua profundidade.

Eletrodos

Também chamados de aplicadores, apresentam-se de duas formas básicas:

- Circulares: de 10 a 15 cm de diâmetro, com temperatura máxima na periferia;
- Retangulares: de 11,25 × 12,5 cm ou 12,52 × 52,5 cm, com temperatura máxima no centro do campo de radiação.

São utilizados com uma distância média de 10 cm entre o eletrodo e a superfície tratada no paciente.

Dosimetria e tempo de aplicação

Assim como no caso da diatermia por ondas curtas, a dosimetria dependerá da sensação de calor referida pelo paciente e também da fase em que o acometimento em questão se encontra. Ainda com base na escala de Schliephake:

I – Ausência de calor ou calor muito débil – de 10 a 40% de potência – fase aguda
II – Início de sensação calórica ou calor débil – de 40 a 80 % de potência – fase subaguda
III – Sensação agradável de calor ou calor médio – de 80 a 100 % de potência – fase subaguda
IV – Sensação desagradável de calor ou calor forte – de 100 a 120 % de potência – fase crônica

A duração e a frequência dos tratamentos vão depender dos objetivos e das metas terapêuticas. Comumente, os casos subagudos são tratados com baixas doses e uma sensação térmica fraca, durante 3 a 8 minutos. Já os distúrbios crônicos são tratados por uma sensação de aquecimento confortável, durante 5 a 15 minutos.

Alguns autores, porém, apontam que o tempo ideal de aplicação dos aparelhos seja de 20 a 30 minutos.

Técnicas de aplicação

1- Explique a finalidade da terapia e peça relatos sobre a sensação de calor durante o tratamento;

2- Faça um teste para a sensibilidade dolorosa e térmica do paciente;

3- Posicione o paciente adequada e confortavelmente;

4- Retire todo material metálico do paciente a fim de evitar queimaduras ou interferência da energia;

5- Desnude o local a ser tratado;

6- Mantenha distância entre o eletrodo e a pele do paciente. Dependendo da intensidade utilizada, esse distanciamento pode variar entre 2 e 15 cm. Caso existam saliências ósseas no local de tratamento, tome cuidado com o superaquecimento dessa estrutura;

7- Instrua o paciente a não se mover durante o tratamento;

8- Aumente lentamente a intensidade do aparelho, para que seja dado ao paciente tempo suficiente de se acostumar com os efeitos da terapia;

9- Ajuste o controle da potência;

10- Após ligar o aparelho ligado, não toque no aplicador.

Efeitos fisiológicos e terapêuticos

A **Tabela 1.2** elenca os efeitos fisiológicos e terapêuticos obtidos com a técnica de micro-ondas.

EFEITOS FISIOLÓGICOS	EFEITOS TERAPÊUTICOS
Produção de calor Vasodilatação Aumento do fluxo sanguíneo Elevação da taxa metabólica Aumento do fornecimento de oxigênio para a região Diminuição da viscosidade	Relaxamento muscular Analgesia Ação anti-inflamatória Ação reflexa Ação regeneradora tecidual

Tabela 1.2 – Efeitos fisiológicos e terapêuticos do uso de micro-ondas.
Fonte: Autoria própria (2017).

Indicações e contraindicações

Indicações:
- Algias;
- Lesões crônicas;
- Relaxamento muscular;
- Cicatrização tecidual;
- Reabsorção de hematomas e edemas;
- Aumento da extensibilidade do colágeno,
- Aumento da amplitude de movimento;
- Pós-imobilização.

Contraindicações:
- Áreas de circulação deficiente;
- Déficit de sensibilidade térmica e dolorosa;
- Presença de objetos metálicos;
- Feridas ou curativos molhados;
- Aplicação sobre os olhos e os testículos;
- Inflamação aguda ou infecção;
- Hemorragias;

- Marca-passo cardíaco;
- Tumor maligno;
- Gravidez.

ATIVIDADE

1- Descreva as formas de transferências de calor e um exemplo de agente terapêutico para cada uma delas.
2- Quais são os efeitos fisiológicos da aplicação do calor na circulação sanguínea?
3- O que são agentes de calor superficial e quais são os mais utilizados nessa modalidade?
4- O que significa diatermia e de que maneira ela pode ser usada?

GABARITO

1- As formas de transferência de calor são: Condução: transfere calor entre dois sistemas em contato físico (exemplo: compressas úmidas); Convecção: transfere calor por meio de contato direto entre um meio em movimento e outro material de diferente temperatura (exemplo: turbilhão); Radiação: transfere calor sem o uso de um meio (exemplo: lâmpadas infravermelhas).
2- O calor causa o que chamamos de vasodilatação, que significa dilatação ou aumento do diâmetro dos vasos sanguíneos, elevando o fluxo sanguíneo. Esse fluxo elevado aumenta o suprimento de oxigênio, nutrientes e anticorpos para a área afetada, além de distribuir calor adicional e proteger o corpo de aquecimentos excessivos e danos.
3- Os agentes de calor superficial são aqueles que basicamente aumentam a temperatura da pele e dos tecidos subcutâneos, produzindo um aquecimento local, alcançando a profundidade de 1 a 3 cm. Os mais utilizados são: forno de Bier, banho de parafina, turbilhão e compressas quentes/bolsas de água.
4- Diatermia significa aquecimento por meio de; é utilizada por ondas curtas ou micro-ondas.

REFLEXÃO

Neste capítulo, aprendemos sobre o uso do calor como terapia na prática da Fisioterapia.

Inicialmente, estudamos o conceito de calor e suas três principais formas de transmissão: condução, convecção e radiação. Em seguida, vimos como o corpo se organiza para manter a sua temperatura interna em um processo chamado termorregulação.

Abordamos ainda, detalhadamente, os importantes efeitos fisiológicos que o calor produz em nosso organismo: aumento da taxa metabólica; vasodilatação; aumento da extensibilidade dos tecidos; e efeitos neuromusculares. E também vimos os principais efeitos terapêuticos que almejamos alcançar com nosso tratamento: analgesia; aumento de amplitude de movimento; e reparo tecidual.

Por fim, diferenciamos calor superficial, de calor profundo e seus agentes, além de aprendermos como utilizar aparelhos e técnicas em nossa prática, bem como os cuidados necessários, as indicações, contraindicações e peculiaridades de cada um deles.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAZ, J. R. C. Fisiologia da termorregulação normal. In: **Revista Neurociências**. São Paulo, v. 13, n. 3, 2005.

CAMERON, M. **Agentes físicos na reabilitação**: da pesquisa à prática. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

ÇENGEL,Y. A; GHAJAR, A. J. **Transferência de calor e massa:** uma abordagem prática. 4. ed. São Paulo: AMGH,2012.

DAVID, J. A. C. O. **Avaliação dos efeitos da hipertermoterapia por ultrassom associada a agentes antiagiogênicos no tratamento do tumor experimental de Walker**. Tese de doutorado. Universidade Federal do Ceará, 2009.

GIUSTINA, B. D. **A história da Fisioterapia e ações multidisciplinares e interdisciplinares na saúde**. Universidade do Sul de Santa Catarina, 2012.

HAYES, K. W. **Manual de agentes físicos**: recursos fisioterapêuticos. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

INMETRO. Sistema Internacional de Unidades. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/>. [Acesso em: 2017 fev 7]

KNIGHT, K. L. **Crioterapia no tratamento das lesões esportivas.** São Paulo: Manole, 2000.

LUCENA, A. C. T. **Estudo orientado de termofototerapia. Pernambuco**: Universidade Federal de Pernambuco, 2010.

LOW, J.; REED, A. **Eletroterapia explicada**: princípios e prática. 3. ed. São Paulo: Manole, 2001.

PRENTICE, W. E. **Modalidades terapêuticas em Medicina Esportiva**. 4. ed. São Paulo: Manole, 2002.

PRENTICE, W. E. **Modalidades terapêuticas para fisioterapeutas**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
STARKEY, C. **Recursos terapêuticos em Fisioterapia**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2001.
SÁ, V. W. **Prescrevendo recursos da eletrotermofototerapia em Fisioterapia.** Rio de Janeiro: Universidade Castelo Branco, 2007.
TEIXEIRA, M.M. **Temperatura e calor**; Brasil Escola. Disponível em: <*http://brasilescola.uol.com.br/fisica/temperatura-calor.htm*>. [Acesso em 2017 fev. 02]

2

Hipotermoterapia

Hipotermoterapia

Apresentação

Neste capítulo, continuaremos estudando os agentes térmicos e a sua atuação como recurso terapêutico na prática da Fisioterapia. Dessa vez, no entanto, abordaremos a hipotermoterapia ou o uso do frio como terapia.

Aqui trataremos dos principais tópicos relacionados a esse tema, para entendermos profundamente essa modalidade tão adotada em nosso contexto clínico.

De início, aprenderemos os principais conceitos e o contexto histórico da aplicação do frio como terapia, bem como os efeitos fisiológicos e terapêuticos que ele pode promover em nosso organismo.

Ao final, veremos as técnicas de aplicação da hipotermoterapia que poderemos utilizar em nossa prática, bem como seus agentes terapêuticos e cuidados necessários, algumas particularidades, suas indicações e contraindicações.

OBJETIVOS

- Identificar e compreender os principais conceitos sobre o frio e a sua utilização como terapia no contexto da prática clínica;
- Reconhecer como, quando e por que essa terapia deve ser utilizada;
- Compreender os efeitos fisiológicos e terapêuticos da hipotermoterapia;
- Reconhecer todas as diferenças entre aplicação da hipertermoterapia e da hipotermoterapia, bem como saber em quais contextos utilizar cada uma;
- Reconhecer todas as técnicas de aplicação do frio como terapia, bem como seus cuidados, indicações e contraindicações;
- Definir, por meio de um raciocínio lógico e científico, o melhor agente terapêutico a ser usado como recurso em cada caso na prática clínica, enquanto profissional de Fisioterapia.

Princípios básicos

Crioterapia

No Capítulo 1, aprendemos que o conceito de calor é a vibração interna das moléculas. Quando falamos sobre frio, devemos pensar em um estado relativo do corpo caracterizado pela diminuição desse movimento molecular.

O frio também pode ser utilizado como terapia. Esse método, denominado crioterapia, é largamente usado em diferentes situações, como, por exemplo, em eventos esportivos (quando se aplicam compressas de gelo em atletas), sendo também indicado em consultórios médicos e usado em longo prazo em processos de reabilitação. Após cair, bater com o corpo em algum lugar ou sofrer uma entorse, grande parte das pessoas já ouviu a clássica frase: "Coloca gelo".

No entanto, apesar de ser popular o uso do frio em tratamentos terapêuticos, há uma grande confusão no que diz respeito aos seus conceitos, ao momento certo de se aplicar essas técnicas e os efeitos que elas podem causar. São necessárias mais pesquisas científicas que comprovem sua fisiopatologia e as melhores técnicas a serem utilizadas. Neste capítulo, reunimos os conceitos, os efeitos e as técnicas com maior consenso e resultados clínicos para expandirmos nosso conhecimento sobre o tema.

De acordo com Knight (2000, p. 5), a "crioterapia é a aplicação terapêutica de qualquer substância ao corpo que resulta em remoção do calor corporal, diminuindo, assim, a temperatura dos tecidos". Portanto, a crioterapia não significa apenas uma técnica de aplicação de gelo, mas, sim, o conjunto de todas as técnicas que utilizam o frio como terapia.

Como vimos, o maior objetivo dessa modalidade é o resfriamento da área a ser tratada, o que dependerá da diferença de temperatura entre o agente de resfriamento e os tecidos, da condutividade térmica dos tecidos, do tempo em que o frio permanece aplicado e do tamanho da área que está sendo resfriada (LOW; REED, 2001).

Durante a crioterapia, o calor é então retirado do corpo e passado para a modalidade de frio que estamos utilizando; isso explica por que, após algum tempo sobre a pele, o gelo derrete e a pele se resfria. Por meio dessa modalidade, o corpo responderá com uma série de alterações locais e até sistêmicas, as quais veremos mais detalhadamente a seguir.

Contexto histórico da crioterapia

Empiricamente, as primeiras aplicações de frio no organismo humano já eram usadas no período a.C., quando gregos e romanos utilizavam gelo natural e neve para tratar alguns problemas de saúde.

Data-se que Hipócrates (460 a.C. – 377 a.C.), considerado um dos personagens mais importantes da história da Medicina, já usava o frio antes de realizar uma cirurgia, e que Dominique Jean Larrey (médico de Napoleão Bonaparte) realizava amputações menos dolorosas em soldados quando realizadas sob baixas temperaturas. (RODRIGUES, 1995)

É de 1946 o primeiro relato de utilização local de gelo foi nos Estados Unidos, por parte de Allen. Somente a partir dos anos 1950 o frio começou realmente a ser inserido como parte regular do tratamento de lesões indicadas, destacando-se as lesões esportivas.

Desde então, vários estudos vêm sendo realizados sobre a crioterapia e seus efeitos. Nas décadas de 1980 e 1990, foram realizadas várias pesquisas que chegaram a importantes conclusões sobre o tema.

Alguns marcos históricos durante a evolução da crioterapia são elencados na **Tabela 1.1**.

ÉPOCA	MARCO HISTÓRICO
A.C.	Gregos e romanos utilizavam neve e gelo natural para tratar problemas médicos.
1.800	São escritos livros e artigos sobre a crioterapia; as compressas geladas são usadas em ferimentos inflamados. Em 1850, foi patenteada a primeira máquina de gelo disponibilizada no comércio. Em 1881, compressas frias foram reconhecidas como auxiliares em cirurgias.
1940	O frio passou a ser usado nos primeiros 30 minutos da lesão aguda.
1950	Fisioterapeutas experimentaram o frio como auxiliar no alongamento de músculos espásticos.

1960	A criocinética foi sendo cada vez mais usada (inicialmente no Brooke Army Hospital).
1990	Foram realizadas diversas pesquisas sobre a magnitude das mudanças de temperatura e sobre quais intervenções maximizam essas mudanças.

Tabela 2.1 – Panorama histórico dos principais marcos da evolução da crioterapia. (Fonte: Adaptada de Knight, 2000)

Efeitos fisiológicos e terapêuticos da crioterapia

Efeitos fisiológicos da crioterapia

O uso da crioterapia causa não só mudanças locais na parte resfriada, mas também alterações sistêmicas gerais à medida que o corpo se organiza para a sua regulação térmica (**Figura 2.1**), como vimos no capítulo anterior, na seção *Termorregulação*.

Figura 2.1 – Sensação de calor *versus* sensação de frio, em relação à temperatura. (Fonte: < https://shutr.bz/2qXyvxh >. Acesso em: 2017 fev. 15.)

A crioterapia exerce efeitos terapêuticos por sua influência nos processos hemodinâmicos, neuromusculares e metabólicos em nosso organismo, os quais são geralmente opostos àqueles produzidos pelo uso do calor. Veremos cada um deles detalhadamente a seguir.

Efeitos hemodinâmicos

Os efeitos do frio sobre o sistema circulatório são ainda muito investigados e discutidos na literatura científica.

O primeiro efeito da aplicação do frio na superfície da pele será o resfriamento da região, e, assim, são disparados vários efeitos metabólicos e vasculares.

A resposta vascular inicial e imediata à exposição ao frio será o que chamamos de vasoconstrição (**Figura 2.2**), ou seja, a diminuição de diâmetro/contração dos vasos sanguíneos. Essa vasoconstrição levará a uma redução no fluxo sanguíneo, principalmente no local da aplicação do frio e menos nas outras regiões do corpo. Acredita-se que o aumento da viscosidade do sangue, causado pelo resfriamento, também contribua para um fluxo de sangue mais lento, pois aumenta a resistência ao fluxo.
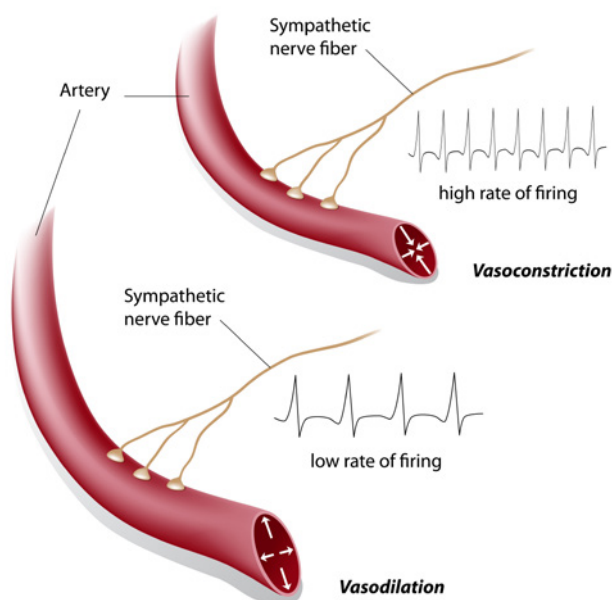
Figura 2.2 – Diferença entre vasoconstrição (vasoconstriction) e vasodilatação (vasodilation). (Fonte: < *https://shutr.bz/2r1u5AE* >. Acesso em: 2017 fev 15.)

Detalhadamente, ocorre o resfriamento de algum local do corpo identificado pelos receptores cutâneos, e esses estimulam a contração dos vasos sanguíneos. Tal resfriamento leva também a uma diminuição na produção de substâncias vasodilatoras (p.ex., histamina e prostaglandina), causando assim diminuição na vasodilatação (Ver figura 2.2). Simultaneamente a todo esse processo, ocorre a ativação de um tipo específico de neurônio (adrenérgico simpático), o qual também resultará em vasoconstrição e na consequente diminuição do fluxo sanguíneo (CAMERON, 2011).

Alguns estudos acreditam que, após essa vasoconstrição imediata, pode ocorrer vasodilatação, chamada de vasodilatação induzida pelo frio (VIF). Knight (2000) sugere então que o grau de vasodilatação apenas diminui o grau de vasoconstrição inicial, ou seja, apesar da vasodilatação, ainda havia vasoconstrição residual em relação ao tamanho do vaso antes do resfriamento.

Efeitos metabólicos

Com o efeito da aplicação do frio, a taxa metabólica é reduzida, ao contrário do que ocorre com a aplicação do calor. Para os tecidos com lesão aguda, isso é muito benéfico, pois eles terão condição de sobrevivência maior e um reparo mais rápido da lesão.

Isso acontece porque, quando ocorre a aplicação do frio, a taxa metabólica diminui e consequentemente há a redução da necessidade do oxigênio nessa área; assim reduz-se a quantidade de oxigênio necessária para a sobrevivência daquelas células. Ocorre então a diminuição de células destruídas por falta de oxigênio, auxiliando na limitação do grau da lesão.

Efeitos neuromusculares

A aplicação do frio provoca reações no sistema neuromuscular, pois proporciona um forte estímulo sensorial. Essas reações podem gerar efeitos terapêuticos, como a diminuição da dor e o auxílio no tratamento da hipertonicidade. Veremos esses efeitos detalhadamente, mais à frente. Aqui falaremos sobre o efeito do frio na queda da velocidade de condução nervosa.

Quando o frio é aplicado, ocorre redução da temperatura do nervo e, assim, diminuição da condução nervosa.

Essa aplicação do frio pode diminuir a velocidade de condução tanto de nervos motores como de sensoriais, dependendo do grau e da duração da variação da

temperatura. Geralmente essa queda de velocidade tem sido observada em aplicações de frio por 5 minutos ou mais.

Efeitos terapêuticos da crioterapia

Na prática da Fisioterapia, a crioterapia em geral é aplicada com o objetivo de controlar a inflamação, a dor e o edema, bem como de reduzir a espasticidade e, em alguns casos, facilitar movimentos.

Discutiremos, a seguir, seus principais efeitos na terapia:

CONEXÃO

A fim de se obterem os benefícios terapêuticos, a temperatura da pele deve cair para aproximadamente 13,8°C (para a redução ideal do fluxo sanguíneo local) e para cerca de 14,4°C (para analgesia).

Controle da inflamação

A crioterapia é amplamente utilizada para controlar processos inflamatórios agudos e pode acelerar a recuperação da lesão.

A aplicação do frio no local com inflamação diminui a velocidade das reações químicas no lugar e, desse modo, reduz os principais sinais inflamatórios: calor, vermelhidão, edema e dor. Assim ocorre uma recuperação mais rápida do tecido afetado, principalmente porque o uso do frio diminui a liberação de mediadores inflamatórios, a síntese de prostaglandina e a permeabilidade capilar.

Esses efeitos de redução na liberação dos mediadores e diminuição da permeabilidade capilar vão auxiliar na diminuição de formação secundária de edema e hemorragias.

Além disso, como vimos no item Efeitos metabólicos, a aplicação do frio pode limitar o grau da lesão, limitando então o grau da inflamação.

ATENÇÃO

Em caso de lesão, aplique a crioterapia imediatamente para auxiliar no controle do sangramento, edema e dor, acelerando assim a recuperação.

Dentro desse contexto, podemos citar o efeito da crioterapia para reduzir a formação do edema particularmente quanto associado a quadros inflamatórios. Isso ocorre devido aos mecanismos produzidos pelo uso do gelo, como: vasoconstrição, diminuição da permeabilidade capilar e fluxo sanguíneo.

? CURIOSIDADE

A formação de edema após lesão será controlada de maneira mais eficiente se o uso da crioterapia for associado a repouso, compressão e elevação do membro lesionado. A associação dessas quatro técnicas é frequentemente conhecida pela expressão RICE – que compõe as iniciais dos termos em inglês: Rest, Ice, Compression, Elevation – (Figura 2.3).

Figura 2.3 – Método RICE.

(Fonte: < *https://shutr.bz/2szHpOI* >. Acesso em: 2017 fev. 15.)

Efeitos musculoesqueléticos e sobre o espasmo

Quando aplicada de maneira adequada, a crioterapia pode diminuir a espasticidade temporariamente. Isso acontece devido aos efeitos de redução da dor (que,

por sua vez, diminui o limiar das terminações nervosas aferentes) e também da sensibilidade dos fusos musculares.

Esses mecanismos também podem afetar a capacidade muscular e levar a uma redução da capacidade de se realizarem movimentos musculares rápidos após o seu uso.

No entanto, acredita-se que, com uma aplicação curta do frio, pode-se facilitar a atividade do neurônio motor para contrair um músculo flácido (CAMERON, 2011).

Efeitos sobre a dor

O uso do frio afeta a percepção e a transmissão da dor. Pelo resfriamento, o estímulo oferecido pode ser suficiente para bloquear parcial ou totalmente a transmissão dos impulsos nervosos para o cérebro, o que aumenta o limiar da dor.

Os efeitos de redução do espasmo e do edema causado pela crioterapia (já discutidos neste capítulo) também influenciam a diminuição da dor, principalmente aquela dor causada pela compressão dos nervos ou de outras estruturas.

? CURIOSIDADE

A sequência típica de sensações em resposta à crioterapia e a seus efeitos fisiológicos é: 1 - Frio intenso; 2 - Queimação; 3 - Dor; 4 - Analgesia; 5 - Dormência.

Indicações e contraindicações da crioterapia

Conforme todos os efeitos fisiológicos e terapêuticos estudados neste capítulo, podemos agora estabelecer as situações em que a crioterapia é indicada e contraindicada:

Indicações

Podemos citar como principais indicações para o uso da crioterapia:

- Traumatismo ou inflamação aguda;
- Dor aguda ou crônica;
- Queimaduras de primeiro grau, pequenas e superficiais;
- Edema e dor pós-cirúrgica;
- Uso em conjunto com exercícios de reabilitação;
- Espasticidade que acompanha distúrbios do sistema nervoso central;

- Espasmo muscular agudo ou crônico;
- Nevralgia.

Contraindicações

- Problemas cardíacos ou respiratórios;
- Ferimentos abertos;
- Insuficiência circulatória;
- Alergias ao frio;
- Pele anestesiada ou déficits de sensibilidade térmica;
- Diabetes avançada;
- Fenômeno de Raynaud.

CONCEITO

Fenômeno de Raynaud é uma reação vascular que acontece com a aplicação do frio ou estresse. Resulta em uma modificação na coloração da pele das extremidades, que podem ficar brancas, vermelhas ou azuladas. Os dedos dos pés e das mãos são os primeiros a serem afetados.

Fonte: STARKEY, C. Recursos terapêuticos em Fisioterapia. 2. ed. São Paulo: Manole, 2001.

Técnicas de aplicação

Com a evolução dos estudos sobre a crioterapia, várias técnicas de aplicação dessa modalidade foram acrescentadas e atualmente temos muitas opções para aplicar o frio como terapia. Prioritariamente a escolha da técnica vai depender do tamanho da área a ser tratada, dos efeitos desejados e também se o paciente concorda com a aplicação.

Falaremos das principais a seguir:

Compressa fria

A compressa fria pode ser aplicada ao nosso corpo de várias formas; listamos, a seguir, algumas delas. Geralmente o tratamento varia de 15 a 30 minutos e pode ser repetido se necessário (com no mínimo 2 horas de intervalo).

Bolsa plástica com gelo moído ou em cubos

Essa é a modalidade mais utilizada em lesões agudas, principalmente por ser de fácil utilização, eficiente e segura. Consiste em um saco plástico ou uma toalha contendo em seu interior gelo em cubos ou triturado (**Figura 2.4**). É mais recomendado que o gelo seja triturado para se moldar melhor à superfície a ser tratada e, assim, provocar um resfriamento mais rápido da área como um todo. A indicação é aplicá-la em torno de 20 minutos, de acordo com a especificidade do caso e do paciente.

Figura 2.4 – Aplicação de bolsa plástica com gelo em cubos. (Fonte: < *https://shutr.bz/2scz2vl* >. Acesso em: 25 fev. 2017)

Bolsa reutilizável de gel frio

É o tipo de bolsa que encontramos para comprar, geralmente constituída de plástico ou vinil e preenchida com um gel feito de sílica, água e um tipo de substância que impede que o congelamento solidifique a água (Figura 2.5). Por esse motivo, essa bolsa permanece sempre flexível e moldável à parte do corpo que necessita ser tratada. Possui também diferentes tamanhos.

Figura 2.5 – Aplicação de bolsa reutilizável de gel frio.
(Fonte: < https://shutr.bz/2scwL3b >. Acesso em: 2017 fev. 15.)

Necessita ser mantida em alguma unidade de resfriamento, como o congelador de uma geladeira doméstica. A eficácia da bolsa, porém, é diminuída ao longo do tempo e da quantidade de tempo em que é armazenada e reutilizada.

Para a prevenção de lesões pelo frio, é aconselhável que, entre a bolsa e a pele, seja colocada uma toalha ou faixa molhada.

Compressa fria química

Também constituída de vinil em seu envoltório, essa bolsa é descartável e apresenta duas divisões preenchidas por substâncias químicas que, ao reagirem entre si, geram frio (**Figura 2.6**).

Figura 2.6 – Compressa química.
(Fonte: < https://shutr.bz/2rQhyV2 >.
Acesso em 2017 fev. 15.)

Pode ser usada em lesões superficiais e profundas. No entanto, devem ser tomados cuidados especiais para que não ocorra

vazamento dos fluídos que podem provocar queimaduras químicas; por isso, não é recomendado usá-lo na face.

Unidade de terapia de frio compressiva – TFC

Consiste em um aparelho que bombeia alternadamente água e ar frio para dentro de uma luva que envolve o membro a ser tratado. Aplica-se a compressão pelo enchimento intermitente da luva com ar.

Geralmente utilizada após cirurgias, pode também ser útil nas demais circunstâncias.

Spray congelante

O efeito de pulverizar um líquido que evapore rapidamente sobre a pele resfria a superfície. Antigamente, utilizava-se cloreto etílico como líquido; porém, constatou-se que ele era altamente inflamável e, por isso, apresentava grande risco. Hoje há outros sprays, como os feitos com fluorimetano, que não são inflamáveis (**Figura 2.7**).

Figura 2.7 – Aplicação de spray congelante no joelho.
(Fonte: < *https://shutr.bz/2gTqANz* >. Acesso em: 2017 fev. 15.)

O resfriamento da área acontece de forma bem rápida, mas pouco duradoura.

O modo de uso do spray é caracterizado pela aplicação na área que estiver sendo tratada, em uma série de curtos toques de aproximadamente 5 segundos cada, com pouco intervalo entre eles.

O spray requer alguns cuidados necessários durante sua aplicação, a saber:

- Manter o bico do pulverizador à distância de 45 cm da superfície da pele;
- Evitar a exposição do spray a fontes de calor, quando se tratar de um produto inflamável;
- Evitar a inalação do produto, pois ele pode ser tóxico;
- Sempre proteger a região dos olhos, principalmente se a aplicação for na região da face.

Imersão no gelo

A chamada imersão no gelo, triturado ou não, consiste em colocar o membro a ser tratado em uma mistura de água com gelo, a uma temperatura de 10ºC a 15,5ºC (**Figura 2.8**). Essa técnica é mais empregada em extremidades de tamanhos pequenos e contornos irregulares. Exercícios podem ser realizados juntamente com essa técnica.

Figura 2.8 – Imersão de um pé em balde com gelo.
(Fonte: < *https://shutr.bz/2rQk4dW*.> Acesso em: 2017 fev. 15.)

Trata-se de uma modalidade desconfortável, pois há uma grande e contínua exposição ao frio, que pode levar a um grau de dor pouco tolerável para alguns tipos de pacientes. Em tratamento de lesões agudas e subagudas, é indicado que após, a imersão, o membro seja enfaixado e elevado, para estimular a drenagem venosa e linfática.

Essa imersão pode acontecer em baldes, banheiras ou algum outro recipiente, de acordo com o tamanho da área a ser tratada e o objetivo da terapia.

O tratamento pode durar de 10 a 20 minutos aproximadamente e, semelhantemente à técnica do turbilhão (que vimos no capítulo anterior), pode ser empregado tanto para o uso do calor como para o uso do frio.

Banho de contraste

Consiste na imersão alternada em água quente e fria, podendo essa imersão acontecer em água parada ou no próprio turbilhão.

Essa técnica objetiva os efeitos vasomotores que o uso dessas duas modalidades (quente e fria) oferecem por meio dos impactos na circulação sanguínea.

O tratamento, em geral, é empregado em casos subagudos ou crônicos, principalmente para a redução de edema e equimose.

Ainda não há um consenso quanto ao tempo de aplicação e à sua proporção. No entanto, na prática, a que mais observamos é 3:1 e 4:1 (i.e., 3 ou 4 minutos de imersão quente e 1 minuto de imersão no frio). O tempo de administração pode durar de 20 a 30 minutos.

Essa aplicação, no entanto, é contraindicada em caso de lesões agudas.

Massagem com gelo

A massagem utilizando gelo (Figura 2.9) é um método indicado para aplicar tratamentos frios em área pequenas e uniformes. É eficaz em casos de espasmos musculares, contusões e outras lesões concentradas em uma área delimitada.

Figura 2.9 – Técnica de massagem com gelo.
(Fonte: < *https://shutr.bz/2sA7FJ4* >. Acesso em: 2017 fev. 15.)

É realizada com um pedaço sólido de gelo, embrulhado em papel ou tecido (ou, ainda, na versão chamada picolé de gelo, que consiste em um gelo no palito de madeira). A parte do corpo a ser tratada deve ser lentamente massageada com gelo em pinceladas ou círculos superpostos.

Essa massagem objetiva principalmente o alívio da dor ou a facilitação neurológica.

Cryo 5

Uma das inovações entre as técnicas de crioterapia, o Cryo 5 consiste em um aparelho elétrico capaz de resfriar o ar ambiente a uma temperatura de até -30ºC, podendo ser regulado digitalmente.

Recomenda-se manter uma distância de 5 a 20 cm entre a extremidade do aparelho e a superfície a ser tratada. O tempo de aplicação dessa técnica deve ser de 1 a 10 minutos.

Criocinética e crioalongamento

A **criocinética** é uma técnica que combina crioterapia com a realização de exercícios. Consiste em adormecer o segmento a ser tratado até o ponto da analgesia e então realizar exercícios ativos a fim de se alcançar a amplitude normal do movimento afetado.

A analgesia por meio do uso do frio pode ocorrer pela técnica de imersão no gelo, por bolsas frias ou massagem com gelo. A maioria das sensações de adormecimento até analgesia acontecerá a partir dos 12 aos 20 minutos.

Esse adormecimento dura em média de 3 a 5 minutos, quando são realizados os exercícios; logo após, reaplica-se o gelo por mais 3 a 5 minutos e, mais uma vez, inicia-se o exercício durante 3 a 5 minutos. Essa sequência pode ser repetida em média 5 vezes.

A progressão do exercício deve ser sempre estimulada, de acordo com os objetivos de cada tratamento.

O **crioalongamento**, como o próprio nome diz, é a associação dos efeitos da aplicação do frio e do alongamento passivo. Consiste na aplicação de um aerossol chamado de vapor-refrigerante, geralmente contendo cloreto de etila, que reduz rapidamente a temperatura da pele e diminui a transmissão da dor. Simultaneamente a esse efeito, é realizado um alongamento passivo para aliviar o espasmo muscular local, que pode estar associado a estiramentos e pontos-gatilho.

O alongamento passivo tem o poder de interromper o ciclo dor–espasmo–dor, sendo esse método bastante eficaz, principalmente para o tratamento de pontos-gatilho.

Após o estudo dos Capítulos 1 e 2, abordamos diversas técnicas, indicações, efeitos, cuidados e contraindicações para o uso do calor e do frio como terapia.

Diante disso, você pode chegar até aqui e se perguntar: "Como vou saber quando usar o calor e quando usar o frio na minha terapia?". Infelizmente não há uma lei ou uma única resposta certa para essa pergunta.

Como futuros profissionais de Fisioterapia, é importante aprendermos desde já a construir nosso processo decisório, por meio do conhecimento e raciocínio, para cada situação apresentada em nossa prática clínica.

Cada paciente terá suas particularidades; de igual modo, cada corpo tem um ritmo de resposta para reparo da lesão, e a situação se difere também de lesão para lesão.

Segundo Starkey (2001, p.132), "o estado físico e psicológico do paciente, bem como o tipo e quantidade de tecido lesado, são fatores que interferem no período de tempo necessário para a cura".

Quando consideramos que o aquecimento dos tecidos acrescenta energia, enquanto o resfriamento retira energia (Figura 2.10), sabemos que alguns dos efeitos fisiológicos que eles apresentam são opostos. Assim, antes de provocar aumento na taxa de metabolismo e suas consequências, devemos saber que o processo inflamatório agudo precisa estar finalizado.
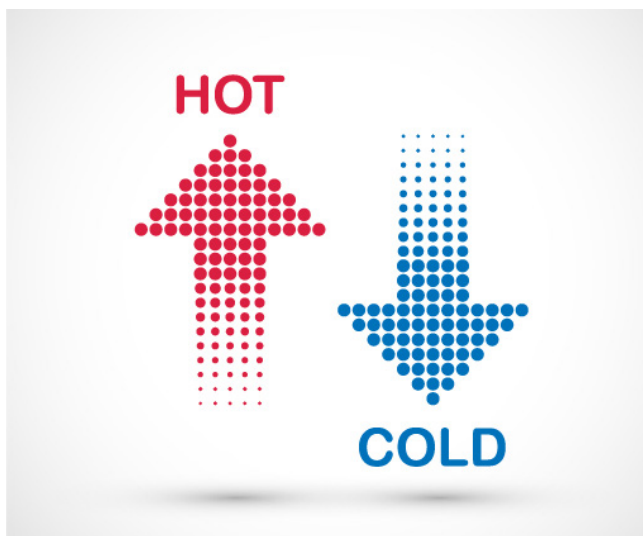
Figura 2.10 – Calor (hot) versus Frio (cold).
(Fonte: < https://shutr.bz/2sP1jVg >. Acesso em: 2017 fev. 15.)

Sendo assim, o uso do frio é indicado para estágios agudos da inflamação, e o calor, para estágios subagudos ou crônicos.

A **Figura 2.11** apresenta um esquema para definição de uso: se quente ou frio.

Avalie o paciente para determinar a resposta a cada uma das seguintes perguntas:

1- A área afetada está quente a palpação?
2- A área traumatizada ainda está sensível ao toque leve a moderada?
3- O edema continua a aumentar com o tempo?
4- O edema aumenta durante a atividade (movimentação articular)?
5- A dor limita a amplitude de movimento da articulação?
6- Você diria que o processo de inflamação aguda ainda está ativo?

7- O paciente continua a apresentar melhora com o uso das modalidades de frio?

Se todas as perguntas foram respondidas com não, então, o calor pode ser utilizado com segurança. Quanto maior o número de respostas afirmativas, maior é a indicação para o uso de frio.

Esquema para escolha entre uso de calor ou de frio.
Fonte: Adaptada de Starkey, 2001.

Esse pode ser o primeiro passo em seu processo de tomada de decisão sobre a melhor modalidade a ser utilizada para cada caso.

Com raciocínio lógico, conhecimentos adquiridos e muita atenção, a tomada de decisão e o tratamento certamente serão benéficos e eficazes.

Considerações finais

Considerações importantes quanto ao uso do frio como terapia:

- Alguns fatores podem influenciar nas técnicas de crioterapia. São eles: temperatura ambiente, temperatura da pele do paciente, temperatura da técnica, área a ser tratada, tempo de aplicação, adjuntos da terapia, absorção de temperatura pela técnica durante o resfriamento, intervalo entre as aplicações, avaliação do paciente e da patologia e tratamentos realizados anteriormente (PINHEIRO, 2000);
- Alguns efeitos adversos podem ocorrer quando a crioterapia é aplicada de forma incorreta ou contraindicada. O mais grave entre eles é a lesão pelo frio que

acontece se o tratamento é aplicado com temperaturas abaixo da indicada, se a duração do tratamento excede o tempo recomendado ou se o paciente apresenta alguma contraindicação de uso;

• A hipersensibilidade ou alergia ao uso do frio acontece quando há espasmo muscular ou dor produzida normalmente pela diferença de gradiente termal. Por precaução, é indicado realizar o teste de hipersensibilidade ao frio antes de se aplicar qualquer técnica de crioterapia. Esse teste consiste em aplicar um cubo de gelo (por aproximadamente 10 a 20 segundos) sobre algum ponto da pele e, após essa aplicação, verificar a condição da pele. Caso o paciente apresente hipersensibilidade, efeitos anormais serão observados.

ATIVIDADE

Caso clínico

Mulher, 45 anos, sofreu entorse de tornozelo por inversão há 3 dias, quando praticava corrida. Ao exame médico, não foram constatadas anormalidades óssea ou ligamentar nem envolvimento neurológico.

- Ao exame físico, apresenta:
- Dor graduada em Escala Visual Analógica (EVA) 8 e desconforto localizado principalmente em face lateral e à frente do tornozelo;
- Edema no local;
- Aumento de temperatura local;
- Hematoma;
- Dor à descarga de peso e marcha característica;
- Diminuição da amplitude de movimento (ADM) na articulação.

Diante desse quadro clínico, responda:

1- Quais seriam os objetivos do seu tratamento?

2- Nesse momento, qual modalidade terapêutica você escolheria: hipertermoterapia ou crioterapia? Explique o motivo de sua decisão.

3- Qual técnica da modalidade escolhida na pergunta anterior você indicaria para o uso nessa paciente? Como indicaria esse uso? Descreva os efeitos fisiológicos e terapêuticos que essa técnica beneficiaria nesse caso.

GABARITO

1- Os objetivos principais, neste momento, seriam a redução do quadro inflamatório e dos seus sinais e sintomas, garantindo diminuição do desconforto e maior funcionalidade.
2- A resposta correta é a crioterapia, visto que essa lesão se encontra em fase aguda, sendo, portanto, contraindicado o uso do calor pelos efeitos que podem agudizar o quadro inflamatório.
3- A resposta correta inclui a citação de técnicas de crioterapia, que podem ser aplicadas juntamente com o repouso e a elevação do membro para favorecer os efeitos de redução da inflamação. As mais indicadas pela sua praticidade de uso domiciliar seriam as compressas frias. Na indicação do uso da técnica, é importante constar na resposta da questão: se o paciente tem alguma alergia ou apresenta alguma das contraindicações, se ele aceita ser tratado com uso do frio, se ele apresenta condições de usar as compressas em domicílio, bem como explicar cuidados de uso e tempo de uso (em média de 20 minutos, podendo repetir a aplicação com mínimo de 2 horas de intervalo). Sobre os efeitos fisiológicos, a resposta certa é detalhar sobre os efeitos hemodinâmicos de vasoconstrição, de diminuição da taxa metabólica e efeito na diminuição da velocidade da condução nervosa, estabelecendo uma relação com o controle da inflamação e a diminuição da dor, do edema ou do hematoma.

REFLEXÃO

Neste capítulo, aprendemos sobre a hipotermoterapia (ou o uso do frio como terapia).

Inicialmente, vimos que o uso do frio como terapia pode ser comumente chamado de crioterapia, uma técnica que causa o efeito de remoção do calor corporal diminuindo a temperatura dos tecidos e, assim, causando uma série de efeitos em nosso organismo.

Em seguida, estudamos o contexto histórico dessa terapia e abordamos, dentro desse tópico, os principais marcos da evolução do seu uso – como o início da utilização dessa modalidade pelos fisioterapeutas em músculos espásticos, no ano de 1950.

Abordamos ainda, detalhadamente, os importantes efeitos fisiológicos que o frio produz em nosso organismo, a saber: diminuição da taxa metabólica, vasoconstrição e efeitos neuromusculares, como diminuição da velocidade de condução nervosa. Vimos, ainda, os principais efeitos terapêuticos que almejamos alcançar com nosso tratamento. São eles: analgesia, controle da inflamação, da dor e dos efeitos musculoesqueléticos.

Citamos, então, as suas principais indicações e contraindicações. Além disso, estudamos as principais técnicas que constituem essa terapia, bem como os cuidados principais, as indicações, o tempo indicado e as suas particularidades.

Por fim, estimulamos no leitor a tomada de decisão consciente entre o uso do calor ou o uso do frio, comparando seus efeitos e apresentando dicas práticas aplicáveis ao nosso contexto clínico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMERON, M. **Agentes físicos na reabilitação**: da pesquisa à prática. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

HAYES, K.W. **Manual de agentes físicos**: recursos fisioterapêuticos. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

KNIGHT, K.L. **Crioterapia no tratamento das lesões esportivas**. São Paulo: Manole, 2000.

LOW, J.; REED, A. **Eletroterapia explicada:** princípios e prática. 3. ed. São Paulo: Manole, 2001.

LUCENA, A.C.T. **Estudo orientado de termofototerapia**. Pernambuco: Universidade Federal de Pernambuco,2010.

PINHEIRO, F.B. **Estudo do uso da crioterapia na Fisioterapia e sua comprovação científica**. 2006. Monografia curso de Fisioterapia. Universidade do grande ABC.

PRENTICE, W.E. **Modalidades terapêuticas em Medicina Esportiva**. 4. ed. São Paulo: Manole, 2002.

PRENTICE, W.E. **Modalidades terapêuticas para fisioterapeutas**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

RODRIGUES, A. **Crioterapia**. 1. ed. São Paulo: Cefespar, 1995.

SÁ, V.W. **Prescrevendo recursos da eletrotermofototerapia em Fisioterapia**. Rio de Janeiro: Universidade Castelo Branco, 2007.

STARKEY, C. **Recursos terapêuticos em Fisioterapia**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2001.

3

Ultrassom Terapêutico

Ultrassom Terapêutico

Apresentação

Neste capítulo, estudaremos o ultrassom, uma modalidade apresentada separadamente dos agentes térmicos (vistos nos capítulos anteriores) devido à sua presença no espectro acústico, e não no espectro eletromagnético. Além disso, veremos que o ultrassom é capaz de produzir efeitos mecânicos não térmicos, além de ter propriedades térmicas.

Por todas as particularidades do ultrassom e também por sua importância, este capítulo inteiro tratará sobre esse assunto. Para isso, abordaremos seus conceitos e suas características biofísicas, bem como os efeitos fisiológicos e terapêuticos que ele produz em nosso organismo, suas técnicas de aplicação, indicações, contraindicações, cuidados e precauções.

OBJETIVOS

- Identificar e compreender os principais conceitos do ultrassom e a sua utilização como terapia no contexto da prática clínica;
- Conhecer as bases biofísicas envolvidas na produção das ondas do ultrassom;
- Reconhecer como, quando e por que essa terapia deve ser utilizada;
- Compreender os efeitos fisiológicos e terapêuticos do uso do ultrassom na terapia;
- Entender a diferença entre os efeitos fisiológicos térmicos e os não térmicos dessa modalidade;
- Escolher o modo de aplicação mais adequado e eficaz para cada situação na prática clínica.

Princípios básicos

Conceito e histórico

Conforme apontado na apresentação deste capítulo, o ultrassom é uma forma de energia acústica, e não eletromagnética.

Pode ser definido como vibrações acústicas inaudíveis de alta frequência, capazes de produzir efeitos fisiológicos térmicos e não térmicos. (PRENTICE, 2002)

Em nosso cotidiano, podemos observar o ultrassom sendo usado tanto na Medicina (para diagnósticos) como em terapias (para efeitos tumoricidas em pacientes com câncer) e, ainda, na prática da Fisioterapia, com objetivos terapêuticos (**Figura 3.1**). O que irá diferenciar todos esses usos é a frequência das ondas.

Figura 3.1 – Uso do ultrassom terapêutico.
(Fonte: < *https://shutr.bz/2sT4w6e* >. Acesso em: 2017 mar. 10.)

Veremos, neste capítulo, que o ultrassom é um importante agente terapêutico usado pela Fisioterapia, mas, para que seu uso seja realmente eficaz, é de extrema importância o profissional ter o conhecimento adequado de seus efeitos sobre os tecidos e também dos mecanismos físicos que produziram esses efeitos.

Segundo Cameron (2011), os métodos para gerar e detectar ultrassom surgiram nos Estados Unidos (EUA) no século 19, sendo o ultrassom inicialmente usado como localizador para navegação pelo som (sonar) durante a Segunda Guerra Mundial. Apesar de se constatar que essa onda aquecia os tecidos biológicos – como colágeno, tendões, ligamentos e fáscias –, sua aplicação para esse fim só passou a ser adotada após cerca de 50 anos. Houve depois a descoberta de seus efeitos não térmicos e, então, ele passou a ser fortemente introduzido na prática clínica.

Portanto, ultrassom é o nome dado às ondas sonoras não audíveis nem detectáveis pelo ouvido humano. Sua frequência terapêutica utilizada na Fisioterapia é de 1 MHz (ação mais profunda) e 3 MHz (ação mais superficial).

As ondas de ultrassom são geradas por transdutores, isto é, dispositivos capazes de transformar ou converter uma energia em outra (p. ex., a energia elétrica em mecânica). Os chamados transdutores são constituídos de materiais piezoelétricos naturais (cristal de quartzo).

Quando uma corrente elétrica alternada de alta frequência é recrutada nesse cristal, ele responde ao estímulo produzindo ondas mecânicas idênticas às sonoras. A frequência dessas ondas depende do tamanho do cristal e da frequência da corrente recrutada. Elas viajam através de um meio elástico e então comprimem (fase de condensação) e liberam (fase de rarefação) as moléculas do meio, conferindo energia a elas. Essas energias vão produzir efeito mecânico ou térmico onde serão absorvidas (HAYES, 2002).

CONEXÃO

As ondas de ultrassom podem ser contínuas ou pulsadas. O ultrassom contínuo é geralmente usado para produzir efeitos térmicos; já o ultrassom pulsado, para efeitos não térmicos. Ambos os efeitos do ultrassom podem ser usados na prática clínica para se acelerar a conquista de objetivos do tratamento, conforme cada situação.

Fonte: (CAMERON, 2011)

Características biofísicas

De acordo com o que abordamos anteriormente, o ultrassom é uma onda de alta frequência; por isso, ele necessita de um meio denso para percorrer, sendo incapaz de atravessar o ar. Apresenta uma forma de onda, a qual chamamos de senoidal e pode ser descrita a partir de algumas variáveis, como: amplitude, potência e velocidade.

A compreensão desse e de outros conceitos é necessária para a utilização do som. Vejamos, a seguir, cada uma dessas variáveis:

- **Amplitude**: é a magnitude da vibração da onda.
- **Potência**: é a quantidade total de energia ultrassônica no feixe (expressa em watts).
- **Intensidade**: é a velocidade com a qual a energia está sendo fornecida por unidade de área.
- **Velocidade**: A velocidade é a distância percorrida pela onda sonora por unidade de tempo. Importante ressaltar que a onda se propaga através de um meio de propagação está diretamente relacionada à densidade do meio. Materiais mais densos e mais rígidos terão uma maior velocidade de transmissão.
- **Efeito piezoelétrico**: é a propriedade que tem o cristal piezoelétrico de se expandir ou contrair quando uma corrente elétrica alternada gerada na mesma frequência passa por ele.

- **Impedância acústica**: é a resistência oferecida pelos tecidos à passagem de ondas do ultrassom.
- **Atenuação**: é a diminuição na intensidade da energia quando a onda de ultrassom é transmitida através de vários tecidos. Essa atenuação pode ocorrer ou pela absorção de energia pelos tecidos ou à dispersão e dissipação da onda sonora.
- **Reflexão**: é o que ocorre quando uma onda emitida volta ao seu meio de origem. A energia refletida é sempre menor que a energia incidente.
- **Refração**: é o que ocorre quando uma onda emitida passa para outro meio, conservando sua frequência.
- **Absorção**: É a diminuição constante da intensidade de um feixe de ultrassom quando esse é passado através dos tecidos, ocorrendo assim uma diminuição exponencial na energia do ultrassom com a profundidade atingida. Durante o uso do ultrassom, o movimento das moléculas é aumentado, resultando em calor; assim, a energia cinética é convertida em energia térmica à medida que atravessa o material. Então, a cada unidade de distância que a onda percorre, uma proporção fixa dela é absorvida. No uso do ultrassom, quando a onda passa pelos tecidos, sua intensidade é constantemente reduzida. (LOW; REED, 2001)

As proteínas e os ligamentos absorvem bem o ultrassom, enquanto a pele e a gordura não o absorvem bem.

CONEXÃO

O aumento da temperatura e da frequência provoca aumento da absorção.

- **Ciclo de funcionamento:** Define-se pelo período de atuação da onda de ultrassom, ou seja, se o ciclo estiver em 5%, o aparelho estará emitindo a onda somente nesse período de 5%, e os 95% do tempo restantes ele estará em pausa. Quanto maior o ciclo, maior o fornecimento de calor para o tecido. Assim, um ciclo de 100% indica uma saída constante de ultrassom e provoca principalmente efeitos térmicos dentro do corpo. Um ciclo de funcionamento baixo produz os efeitos que chamamos não térmicos.
- **Área de radiação efetiva (ARE ou ERA)**: é a área total de superfície do transdutor ou de uma fonte sonora que realmente produz as ondas ultrassônicas. Um erro comum é assumir que toda a superfície transdutora emite o ultrassom produzido; isso nem sempre é verdade, principalmente quando há transdutores

maiores que 10cm². Porém, em condições ideais, a ARE do transdutor deve alcançar o tamanho total ou mais próximo possível da fonte sonora para melhor aplicação nos diferentes tecidos. O tamanho apropriado da área a ser tratada com ultrassom é de 2 a 3 vezes o tamanhão da ERA.

- **Cavitação**: é a formação de bolhas gasosas que se expandem e se comprimem em razão da mudança de pressão induzida pelo ultrassom nos líquidos teciduais.
- **Efeito tixotropo**: é a propriedade de liquefazer algumas substâncias gelatinosas.

Ultrassom terapêutico

Os geradores de ultrassom que utilizamos na prática da Fisioterapia consistem de um gerador elétrico de alta frequência, conectado a um transdutor por um cabo e um circuito oscilador. O painel de controle de um aparelho de ultrassom tradicionalmente apresenta um cronômetro ajustável, um medidor de potência, um controle de intensidade, um interruptor de controle do ciclo, um seletor de modo (contínuo ou pulsado) e possivelmente a potência de saída em resposta à saturação do tecido, bem como um desligamento automático em caso de superaquecimento do transdutor.

O transdutor – também chamado de aplicador ou fonte sonora – consiste de um cristal piezoelétrico, o qual converte a energia elétrica em energia acústica por meio da deformação mecânica do cristal.

Na prática, na maioria dos nossos aparelhos consideramos a área de radiação efetiva do cabeçote igual à área total do cristal, e descontamos dessa radiação apenas a área que contorna a borda do cristal.

Veremos à frente as diferentes formas de aplicação desse aparelho no contexto prático da Fisioterapia. No entanto, vale aqui ressaltar que, para a aplicação do ultrassom, é necessária uma interposição entre o cabeçote (área final do transdutor) e o local a ser tratado. É possível fazer essa interposição por uma substância de acoplamento, que pode ser feita de: água, gel, vaselina, pomadas, entre outros.

Conforme citado anteriormente, há duas maneiras de uso do ultrassom: ondas contínuas e ondas pulsadas.

- **Ultrassom com ondas contínuas**: a intensidade da onda permanece constante durante todo o tratamento, e a energia do ultrassom também é produzida durante todo o tempo. Geralmente é usado para produzir efeitos térmicos;
- **Ultrassom com ondas pulsadas**: a intensidade é interrompida periodicamente, como se a energia fosse administrada por pacotes ou explosões, com um

período de repouso entre os pacotes (o qual podemos chamar de tempo off). Nesse tempo de repouso, o calor produzido no período de transmissão de energia se dissipa e, assim, minimiza a ação do calor, possibilitando o uso para efeitos não térmicos.

Efeitos fisiológicos e terapêuticos do ultrassom

Quando falamos sobre os efeitos que o ultrassom pode causar em nosso tecido, precisamos lembrar que a energia sonora é convertida em energia térmica proporcional à intensidade do ultrassom. Sendo assim, esse calor ofertado aumenta a temperatura local, proporcionando o que chamaremos de **efeitos térmicos.** Caso contrário, se ocorre dissipação desse calor gerado, não há aumento da temperatura local e ocorrerá o que denominaremos **efeitos não térmicos**.

Efeitos térmicos

A elevação da temperatura de um tecido durante a aplicação do ultrassom depender do modo de aplicação, da intensidade e da frequência de saída, do tipo de tecido e sua vascularização, bem como da velocidade na qual o ultrassom é movimentado sobre a área tratada. (STARKEY, 2001)

Como vimos, quando almejamos os efeitos térmicos em nossa terapia, é aconselhável a aplicação no modo contínuo.

CONEXÃO

A aplicação do ultrassom a uma frequência de saída de 1 MHz poderá afetar tecidos localizados abaixo de 5 cm de profundidade; já o ultrassom de 3 MHz é mais eficaz para alcançar tecidos localizados a até 2 cm de profundidade.

Para efeitos terapêuticos eficazes, a temperatura local deve ser elevada para 40 a 45ºC e mantida nessa faixa por 5 minutos. (LOW; REED, 2001)

Os efeitos térmicos causados serão semelhantes aos tratados na seção de *Termoterapia*.

O aquecimento de estruturas constituídas por tecido fibroso – por exemplo, os ligamentos e tendões – pode aumentar sua extensibilidade e causar o efeito de diminuição da rigidez articular.

Além disso, o aquecimento pode reduzir a dor e o espasmo muscular, e acelerar processos de cicatrização.

A principal vantagem do uso do ultrassom em relação a outras modalidades de calor não acústicas é que os tecidos ricos em colágeno (músculos, ligamentos e menisco articular) podem ser aquecidos de maneira seletiva sem que a temperatura na pele e na gordura se elevem significativamente.

Efeitos não térmicos

A energia ultrassônica oferecida de forma pulsada leva a dois eventos específicos, denominados cavitação e correnteza acústica, que produzem os chamados efeitos não térmicos ou mecânicos do ultrassom.

Cavitação consiste na formação de bolhas de gás que se expandem e comprimem devido a alterações de pressão produzidas pelo ultrassom nos fluidos dos tecidos (PRENTICE, 2004). Ela pode ser classificada em estável ou instável. A estável acontece quando as bolhas se comprimem e se expandem em resposta as alterações de pressão produzidas pelo ultrassom nos fluidos dos tecidos. A instável, também denominada transitória, consiste na compressão de bolhas nos picos de alta pressão, sendo, porém, acompanhada de um colapso total quando há a maior queda de pressão. A cavitação instável é um efeito não desejado do ultrassom, quando aplicado em intensidades não ideais, elevadas a ponto de danificar tecidos ou outras estruturas da área.

Correnteza acústica é o fluxo unidirecional de fluidos tissulares principalmente ao redor das membranas celulares. O fluxo de bolhas nas correntes acústicas provoca alterações na permeabilidade da membrana celular e de suas taxas de difusão. Esse efeito pode beneficiar, por exemplo, o trânsito do cálcio e do potássio para dentro e para fora da célula – além de poder causar outras respostas que auxiliarão no processo de cicatrização.

Os principais efeitos fisiológicos e terapêuticos obtidos com a técnica do ultrassom são elencados a seguir, na **Tabela 3.1**.

EFEITOS TÉRMICOS	EFEITOS NÃO TÉRMICOS
▪ Aumento da atividade enzimática das células ▪ Aumento da velocidade de condução do nervo motor ▪ Aumento da extensibilidade de estruturas ricas em colágeno ▪ Vasodilatação ▪ Aumento do fluxo sanguíneo ▪ Redução do espasmo muscular ▪ Aumento do metabolismo ▪ Ação tixotrópica	▪ Aumento da permeabilidade da membrana celular ▪ Aumento da permeabilidade vascular ▪ Síntese de proteína ▪ Redução de edema ▪ Regeneração de tecido

Tabela 3.1 – Principais efeitos fisiológicos e terapêuticos do ultrassom.
Fonte: O autor (2017).

Os principais efeitos terapêuticos do ultrassom são o anti-inflamatório e o analgésico.

Indicações e contraindicações do ultrassom

Vistos os efeitos fisiológicos e terapêuticos que o ultrassom pode causar, podemos agora analisar em quais situações ele é indicado e em quais é contraindicado.

Indicações

Podemos citar como principais indicações para o uso do ultrassom:

- Contraturas articulares
- Espasmos musculares;
- Neuroma;
- Tecido cicatricial;
- Pontos-gatilho;
- Espasticidade;
- Condições inflamatórias agudas (saída em pulso);

- Condições inflamatórias crônicas (saída em pulso ou contínua);
- Lombalgias, lombociatalgias, cervicobraquialgias;
- Pós-amputação;
- Entorses;
- Neuralgias;
- Úlceras de decúbito (pulsado e a 3 MHz).

Contraindicações

- Problemas vasculares;
- Tendência a hemorragias;
- Áreas isquêmicas;
- Áreas ao redor dos olhos, crânio e coração;
- Gravidez, quando aplicada sobre áreas pélvicas ou lombares;
- Tumores;
- Áreas anestesiadas;
- Locais de infecção ativa.

Técnicas de aplicação

Como aprendemos neste capítulo, o ultrassom pode provocar efeitos térmicos e efeitos não térmicos em nossos tecidos. Assim sendo, antes de qualquer aplicação, a lesão tratada deve ser muito bem-avaliada quanto ao estágio em que está, se há inflamação e quais são metas terapêuticas do tratamento proposto. A partir de então, poderemos selecionar nossos parâmetros de aplicação.

Vale lembrar que é muito importante selecionar o modo correto de aplicação do ultrassom para que se obtenha o efeito desejado.

Frequência

Como visto, selecionamos a frequência de acordo com a profundidade que desejamos alcançar em nosso tratamento. Em tecidos com profundidade acima de 5 cm, usamos a frequência de 1 MHz; para tecidos com profundidade de 1 ou 2 cm, utilizamos a frequência de 3 MHz.

Intensidade

A intensidade também precisa ser selecionada de acordo com o objetivo do seu tratamento.

Segundo Cameron (2001), quando o objetivo do tratamento é o aumento da temperatura tecidual, o paciente deverá sentir aquecimento local 2 a 3 minutos após o início da aplicação do ultrassom, sem nenhum desconforto. Indica-se, para produção desse efeito, ultrassom de 1 MHz de frequência e intensidade de 1,5 a 2 W/cm², ou frequência de 3 MHz com intensidade de quase 0,5 W/cm². A intensidade pode girar acima ou abaixo desses valores, de acordo com o relato do paciente.

Quando a aplicação de ultrassom é realizada para efeitos não térmicos, a literatura mostra resultados de tratamento com intensidade de 0,5 a 1 W/cm² SATP — média espacial temporal máxima (0,1 a 0,2 W/cm² SATA — média espacial temporal).

Duração

A duração do tratamento será determinada também conforme o objetivo do seu tratamento; além disso, dependerá do tamanho da área a ser tratada e da ERA do cabeçote. Para isso, vamos calcular a área a ser tratada e dividi-la pelo tamanho da ERA do nosso cabeçote. Em média, o ultrassom é aplicado por 5 a 10 minutos para cada área de tratamento.

EXEMPLO

Uma região a ser tratada por ultrassom tem 10 cm² de comprimento e 6 cm² de largura. Supondo que a ERA do cabeçote tenha 5 cm², qual a duração calculada para o tratamento nessa região?

Área da região = comprimento × largura = 10 x 6 = 60

ERA = 5 cm²

Duração = área da região/ ERA = 60/ 5= 12 minutos de tratamento nessa área

Atenuação

Conforme citamos, a onda do ultrassom é aplicada e transmitida através de vários tecidos; a partir disso, haverá diminuição na intensidade da energia – que

chamamos de atenuação e que se deve ou à absorção de energia ou à dispersão e dissipação da onda sonora, resultante da reflexão ou refração.

É importante ressaltar que tecidos com alta composição de água têm baixa absorção, e tecidos com alto conteúdo de proteína têm alta taxa de absorção.

O coeficiente de atenuação é especifico ao tecido e à frequência, sendo maior em tecidos com maior concentração de colágeno e aumentando na proporção da frequência do ultrassom.

A **Tabela 3.2** apresenta a relação entre penetração e absorção do meio a partir da técnica do ultrassom.

MEIO	ABSORÇÃO	PENETRAÇÃO
Água	1	1200
Plasma sanguíneo	23	52
Sangue total	60	20
Gordura	390	4
Musculo esquelético	663	2
Nervo Periférico	1193	1

Tabela 3.2 – Relação entre penetração e absorção (1 MHz).
Fonte: Adaptada de Prentice (2002).

A **Tabela 3.3** apresenta a taxa de atenuação dos tecidos a partir da técnica do ultrassom.

TECIDO	ATENUAÇÃO (DB/CM)	%/CM
Sangue	0,12	3
Gordura	0,61	13
Nervo	0,88	0
Músculo	1,2	24
Vasos sanguíneos	1,7	32
Pele	2,7	39
Tendão	4,9	59
Cartilagem	5,0	68
Osso	13,9	96

Tabela 3.3 – Atenuação do ultrassom de 1 MHz.
Fonte: Adaptada de Cameron (2011).

Agentes e métodos de acoplamento

Como vimos neste capítulo, as ondas de ultrassom não têm a capacidade de atravessar o ar. Por isso, devemos usar o que chamamos de agente de acoplamento ou meio de acoplamento (**Figura 3.2**), para que as ondas alcancem o tecido. É

importante que o agente acoplador seja viscoso o suficiente para agir como um lubrificante para o movimento do transdutor sobre a superfície a ser tratada.

Figura 3.2 – Agente de acoplamento para uso do ultrassom terapêutico.
(Fonte: < *https://shutr.bz/2rBd1W1* >. Acesso em: 2017 mar. 3.)

O agente de acoplamento deve ser aplicado no tecido, e o cabeçote, posicionado sobre ele antes de o aparelho ser ligado; então, com o contato realizado, o aparelho é ligado, e o tratamento se inicia com o movimento do transdutor sobre a superfície a ser tratada. É importante frisar essa informação, pois, caso o transdutor não esteja em contato com a pele por meio do agente de acoplamento, o cristal piezoelétrico pode se danificar ou o transdutor se superaquecer.

Diferentes substâncias podem ser utilizadas como agentes acopladores, sendo que, entre eles, o gel hidrossolúvel parece ter as propriedades mais indicadas para um tratamento eficaz.

! ATENÇÃO

Para garantir que o máximo de energia seja transferido ao tecido, é recomendado que a face do transdutor esteja paralela à pele, de modo que o ultrassom alcance o tecido em um ângulo de 90°. Se o ângulo entre a face do transdutor e a pele for maior que 15°, uma grande porcentagem de energia será refletida, e o efeito do tratamento será minimizado.

Fonte: (PRENTICE, 2004).

Técnicas de tratamento

Acoplamento direto ou contato direto

Por meio desse método, ocorre aplicação direta do ultrassom com o tecido a ser tratado.

A técnica consiste em colocar o cabeçote (transdutor) diretamente sobre a pele na região de tratamento (**Figura 3.3**) e, entre eles, aplicar uma quantidade suficiente do agente acoplador de escolha. No tecido a ser tratado, deve-se aplicar uma camada de gel em quantidade suficiente para manter a lubrificação entre o cabeçote e a pele, bem como aplicar uma fina camada do gel diretamente no cabeçote. Essa aplicação é realizada com o aparelho desligado, antes de se iniciar a transmissão.

Figura 3.3 – Uso do ultrassom por contato direto no joelho.
(Fonte: < *https://shutr.bz/2s3Vkj4* >. Acesso em: 2017 mar. 3.)

Imersão em água

Empregado na maior parte das vezes quando se trata de uma área irregular, muito pequena, com proeminências ósseas ou extremidades, esse método consiste em imergir em uma banheira com água a parte do corpo a ser tratada, colocando dentre dessa banheira o transdutor, com o cabeçote virado para a parte a ser tratada com uma distância de aproximadamente 0,5 a 2,5cm.

Recomenda-se que a banheira seja de cerâmica, plástico ou borracha e que a mão do terapeuta não fique imersa na água, para que se evite exposição.

Técnica da bolsa de água

Consiste em colocar e prender sobre a área tratada uma bexiga com água ou uma bolsa de plástico coberta com gel acoplador (nas duas faces) e então realizar o tratamento aplicando o transdutor acima da bolsa ou bexiga.

Esse método é válido para áreas muito irregulares e quando não for viável realizar a submersão.

CONEXÃO

A **fonoforese** é uma técnica de ultrassom que melhora o fornecimento de medicação específica aos tecidos, ou seja, as ondas ultrassônicas podem ser usadas para liberar medicamentos nos tecidos. É um método direto, que utiliza um medicamento em forma de gel como meio de acoplamento. Há potencialidade dos efeitos do ultrassom pelo medicamento usado, o qual é absorvido na pele.

As medicações comumente aplicadas são anti-inflamatórias (como a hidrocortisona, o cortisol, os salicilatos ou a dexametasona) ou analgésicas. Ao aplicar a fonoforese, é importante selecionar o fármaco apropriado, que em sua maior parte, deve ser prescrito pelo médico.

Cuidados e precauções

Além de extremo cuidado e da atenção em relação às indicações e contraindicações do uso do ultrassom (anteriormente citadas neste capítulo), devemos nos atentar quanto aos cuidados e às precauções durante o tratamento utilizando essa modalidade. Os principais são:

- Deve-se ter bastante cuidado quando usá-lo sobre implantes metálicos; nesse caso, é preciso que a fonte sonora seja mantida em movimento e que a área tratada apresente função sensorial normal;
- É importante ter muito cuidado em usar o ultrassom sobre placas epifisárias de ossos em crescimento;
- Deve-se ter cuidado ao aplicar o ultrassom sobre região abdominal em mulheres durante o período fértil ou imediatamente após a menstruação;
- É necessário sempre tomar todas as precauções do modo de uso do aparelho;
- Deve-se sempre avaliar corretamente a situação do paciente;

- É preciso ouvir sempre os feedbacks do paciente;
- Os sintomas podem piorar após os primeiros dois tratamentos, em razão de aumento da inflamação na área. Se esses sintomas não melhorarem depois do terceiro ou do quarto tratamento, o uso da modalidade deve ser interrompido;
- Deve-se efetuar a limpeza correta do aparelho antes e após o uso.

Diretrizes para o uso seguro do equipamento de ultrassom

Segundo Prentice (2004), as seguintes diretrizes de tratamento ajudam a garantir a segurança do paciente:

1- Interrogar o paciente (se há contraindicações, tratamentos prévios).

2- Posicionar o paciente (quanto ao conforto, à satisfação).

3- Inspecionar partes a serem tratadas (verificar se há erupções, infecções ou feridas abertas).

4- Utilizar um transdutor do tamanho adequado.

5- Determinar a frequência do ultrassom (1 MHz para partes profundas, e 3 MHz para partes superficiais).

6- Ajustar o ciclo de trabalho (escolher ajuste contínuo ou pulsado).

7- Aplicar o meio de acoplamento na área.

8- Determinar o tempo de aplicação.

9- Manter contato entre a pele e o aplicador.

10- Ajustar a intensidade para percepção de calor.

11- Se o objetivo for aumentar a amplitude de movimento da articulação, colocar a parte em alongamento nos últimos 2 a 3 minutos de aplicação do ultrassom e manter o estiramento ou a massagem por fricção durante 2 a 5 minutos após o término da aplicação.

12- Terminar a aplicação.

13- Avaliar a eficácia do tratamento (inspecionar as áreas, questionar o paciente).

14- Registrar os parâmetros do tratamento.

LEITURA

Para aprofundamento do tema, a leitura do livro Recursos terapêuticos em Fisioterapia (STARKEY, 2001) é indicada, pois, em seu Capítulo 6, o autor discute – de forma clara e objetiva – os principais pontos sobre o ultrassom e o seu uso. Ao final do capítulo, a obra

apresenta um guia de instalação e aplicação do uso do ultrassom, o qual auxilia o leitor na prática, relembrando o que deve ser realizado e observado.

ATIVIDADE

1 – O ultrassom pode ser considerado um agente térmico?

2 – Defina efeito piezoelétrico.

3 – Qual é a diferença entre ultrassom de ondas contínuas e ultrassom de ondas pulsadas?

4 – Qual é o objetivo da fonoforese?

GABARITO

1- O ultrassom pode ser considerado um agente térmico, porém não se restringe a essa classificação devido à sua presença no espectro acústico, e não no espectro eletromagnético. Além disso, o ultrassom é capaz de produzir efeitos mecânicos não térmicos, além de suas propriedades térmicas.

2- Quando uma corrente elétrica alternada gerada na mesma frequência do cristal de ressonância passa pelo cristal piezoelétrico, este se expande e se contrai, criando o que chamamos de efeito piezoelétrico.

3- *Ultrassom com ondas contínuas*: a intensidade da onda permanece constante durante todo o tratamento, e a energia do ultrassom também é produzida durante todo o tempo. Geralmente é usado para produzir efeitos térmicos. *Ultrassom* com ondas pulsadas: a intensidade é interrompida periodicamente, como se a energia fosse administrada por pacote sou explosões, com um período de repouso entre os pacotes, que podemos chamar de tempo *off*. Nesse tempo de repouso, o calor produzido no período de transmissão de energia se dissipa e, assim, minimiza a ação do calor, possibilitando o uso para efeitos não térmicos.

4- Melhorar o fornecimento de medicação específica aos tecidos. É um método direto, que utiliza um medicamento em forma de gel como meio de acoplamento. Há uma potencialidade dos efeitos do ultrassom pelo medicamento utilizado, o qual é absorvido na pele.

REFLEXÃO

Neste capítulo, aprofundamos nossos estudos sobre um recurso terapêutico muito importante e que se destaca na prática da Fisioterapia: o ultrassom.

Inicialmente estudamos seu conceito, seu histórico e suas características biofísicas mais importantes.

Posteriormente, vimos os principais efeitos fisiológicos e terapêuticos que o ultrassom pode causar em nosso organismo e os classificamos em efeitos térmicos e não térmicos, de acordo com a sua natureza.

Em seguida, estudamos suas indicações e contraindicações de uso, bem como suas técnicas de aplicação, detalhando sua dosimetria e os principais métodos de uso.

Encerramos a unidade aprendendo os principais cuidados e as precauções pertinentes ao uso dessa modalidade, bem como as diretrizes que podem ser utilizadas para que se garanta a maior segurança possível do paciente em tratamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMERON, M. **Agentes físicos na reabilitação**: da pesquisa à prática. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

HAYES, K. W. **Manual de agentes físicos**: recursos fisioterapêuticos. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

LOW, J.; REED, A. **Eletroterapia explicada**: princípios e prática. 3. ed. São Paulo: Manole, 2001.

PRENTICE, W. E. **Modalidades terapêuticas em Medicina Esportiva**. 4. ed. São Paulo, 2002.

PRENTICE, W. E. **Modalidades terapêuticas para fisioterapeutas.** 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

SÁ, V. W. **Prescrevendo recursos da eletrotermofototerapia em Fisioterapia**. Rio de Janeiro: Universidade Castelo Branco, 2007.

STARKEY, C. **Recursos terapêuticos em Fisioterapia**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2001.

4

Fototerapia

Fototerapia

Apresentação

Neste capítulo, estudaremos a fototerapia, uma modalidade que consiste na aplicação de luzes especiais como forma de tratamento e que vem sendo empregada desde a Antiguidade – quando então se usava essa técnica por meio da luz solar. A fototerapia se classifica de acordo com o tipo de irradiação usada (aqui, trataremos especificamente de três: infravermelho, *laser* e ultravioleta).

Estudaremos os conceitos e as propriedades dessas técnicas, além de seus efeitos fisiológicos e terapêuticos em nosso organismo; veremos, ainda, suas técnicas de aplicação, dosimetria, indicações, contraindicações e também cuidados e precauções de uso.

OBJETIVOS

- Identificar e compreender os principais conceitos sobre o infravermelho, o *laser* e ultravioleta, além de suas utilizações como terapias no contexto da prática clínica;
- Saber diferenciar essas técnicas, como e por que usar cada uma delas;
- Compreender os efeitos fisiológicos e terapêuticos do uso dessas técnicas na terapia;
- Saber como utilizar cada um desses métodos, tendo segurança sobre indicações, contraindicações, cuidados e precauções de uso.

Infravermelho

Conceito e propriedades

A radiação eletromagnética é constituída de um campo magnético e um campo elétrico que variam ao longo do tempo e estão em posição perpendicular um em relação ao outro. Os agentes físicos que fornecem energia na forma de radiação eletromagnética englobam várias formas de luz visível e invisível e de radiação. (CAMERON, 2011)

Entre todos os tipos de radiações, consideramos como mais "natural" a radiação infravermelha (**Figura 4.1**), pois é emitida constantemente e absorvida por toda a humanidade, uma vez que todos os corpos com temperatura acima de 0 Kelvin (K) produzem essa radiação.

Figura 4.1 – Aplicação de radiação infravermelha em mãos para tratamento ortopédico. (Fonte: < https://shutr.bz/2r2zcWi >. Acesso em: 2017 mar. 17.)

Para a terapia, são utilizados apenas os comprimentos de ondas mais curtas infravermelhas, que fornecem energia radiante para o aquecimento superficial da pele. Há dois tipos de geradores de luz infravermelha: gerador de luz infravermelha próxima (luminoso) e gerador de luz infravermelha distante (não luminoso).

Todo material aquecido produzirá radiações infravermelhas, e seu comprimento de onda será determinado pela temperatura. A energia para o tratamento será produzida transferindo energia elétrica por meio de um filamento de carbono ou de tungstênio. Vale ressaltar que a intensidade do tratamento é proporcional ao fluxo da corrente que passa pelo filamento ou altera a distância entre a lâmpada e os tecidos. Em outras palavras, quando se altera a distância entre a lâmpada e os tecidos influencia na intensidade do tratamento.

De acordo com Low e Reed (2001), a potência de fontes infravermelhas pode ser:

- de 250 a 500 W: para lâmpadas menores (luminosas e não luminosas);
- de 750 a 1000 W: para lâmpadas grandes (não luminosas);
- de 600 a 1500 W: para lâmpadas largas (luminosas).

Obtenção e penetração

As radiações que incidem na superfície da pele serão refletidas; outras irão penetrar, sofrendo então dispersão, refração, sendo finalmente absorvidas pelos tecidos.

Em geral, a água e as proteínas absorvem fortemente o raio infravermelho. É complexo e discutível determinar o padrão de penetração e absorção da radiação na pele, pois isso dependerá da estrutura, da vascularização, da pigmentação da pele e do comprimento de onda da radiação.

O infravermelho longo usado na terapia é absorvido na superfície da pele, em grande parte pela água presente nessa região. A partir daí, ele penetra cada vez mais com redução do comprimento de onda, até uma profundidade de aproximadamente 0,1 a 2 mm; o infravermelho muito curto e as radiações vermelhas visíveis penetram com profundidade de 2 a 10 mm.

O efeito será um aquecimento acentuado na pele, que trará consequências ao nosso organismo, como veremos a seguir.

Efeitos fisiológicos e terapêuticos

- Aquecimento dos tecidos;
- Aumento da taxa metabólica;
- Vasodilatação periférica;
- Redução da viscosidade sanguínea;
- Aumento da extensibilidade de colágeno;
- Sudorese;
- Hiperemia;
- Estimulação de nervos sensoriais.

Seus principais efeitos terapêuticos são: alívio da dor, redução do espasmo muscular, relaxamento muscular e aceleração da cicatrização e reparo.

Técnicas de aplicação

O primeiro passo é escolher a fonte luminosa ou não luminosa que será usada no tratamento.

CONEXÃO

A fonte de calor luminosa é mais eficiente para aquecimento dos tecidos, pois penetra mais e por isso é distribuída em um volume de tecido maior. A radiação não luminosa é absorvida quase inteiramente na pele e, por isso, terá uma intensidade mais baixa que a luminosa.

Portanto, se o(s) seu(s) objetivo(s) for(em):

- Aquecimento – a fonte de infravermelho luminosa mais curta é melhor.
- Estimulação sensorial – a não luminosa será melhor.

Fonte: (LOW, J.; REED, 2001).

Segundo Low e Reed (2001), a aplicação da radiação infravermelha deve seguir os estes passos:

1. Preparo do equipamento: no caso de escolher lâmpada não luminosa, ligá-la 15 minutos antes.
2. Preparo do paciente: posicioná-lo adequadamente e expor a parte a ser tratada.
3. Exame e teste: avaliar a área a ser tratada e testar a sensibilidade.
4. Regulagem: posicionar a lâmpada de modo que as radiações batam na superfície da pele em ângulo reto, para a máxima penetração. Nunca posicionar a lâmpada diretamente sobre o paciente. Colocá-la a uma distância apropriada (cerca de 60 a 75 cm para lâmpadas grandes e de 45 a 50 cm para menores).
5. Instruções e alertas: explicar o procedimento ao paciente e pedir-lhe seu *feedback* sempre durante o tratamento; é importante instruí-lo a não tocar na lâmpada nem no aparelho.
6. Aplicação: realizar o tratamento por cerca de 20 a 30 minutos; verificar a temperatura periodicamente durante esse intervalo.
7. Término do tratamento: ao finalizar, certificar-se de que a superfície tratada está leve ou moderadamente quente e com eritema moderado.

Indicações e contraindicações

Indicações:

- Infecções cutâneas;
- Acnes;
- Contratura muscular;
- Quadros inflamatórios crônicos;
- Espondiloalgias.

Contraindicações:

- Sensibilidade térmica comprometida;
- Circulação cutânea deficiente;
- Nível cognitivo baixo;
- Doença aguda da pele;
- Aplicação sobre olhos;
- Edemas;
- Enfermidade febril;
- Tumores de pele.

Laser

Conceito

Laser é um acrônimo que significa ***l**ight **a**mplification of **s**timulated **e**missions of **r**adiation* (ou amplificação da luz por estimulação da emissão de radiação). O laser é aplicado nos campos industrial, militar, cientifico e médico (Figura 4.2).

Figura 4.2 – Tratamento de fisioterapia utilizando laser.
(Fonte: < https://shutr.bz/2rBMWG7 >. Acesso em: 2017 mar. 20.)

Em 1917, Albert Einstein esboçou os princípios da produção da radiação de laser. Os primeiros *lasers* médicos foram desenvolvidos nas décadas de 1960 e 1970, quando eram usados apenas para destruição tecidual e coagulação. Porém, alguns efeitos benéficos foram observados nos locais onde o *laser* havia sido aplicado com baixa energia, o que levou ao seu uso terapêutico.

Embora os *lasers* sejam relativamente novos, eles já se aperfeiçoaram e evoluíram bastante durante esse tempo. Hoje totalmente incorporado ao nosso cotidiano, o uso do *laser* é muito variado, seja em discos de áudio, seja em leitores ópticos de supermercado, em aplicações em telecomunicações e na Medicina.

Podemos definir o *laser* como um equipamento que concentra altos níveis de energia em um feixe estreito de luz monocromática coerente, uma amplificação da luz por estimulação da emissão de radiação (PRENTICE, 2004).

A luz *laser* é emitida de maneira organizada e não aleatória. Três propriedades diferenciam o *laser* das outras fontes de luz:

- **Coerência**: todos os fótons liberados a partir de moléculas individuais de gás têm o mesmo comprimento de onda, e as ondas individuais de luz estão em fase uma com a outra;
- **Monocromaticidade**: a especificidade da luz de um único comprimento de onda definido;
- **Colimação**: o *laser* é bem colimado, ou seja, há uma divergência mínima entre os fótons.

Para melhor compreensão, podemos imaginar o seguinte: as radiações visíveis comuns (não coerentes) são como uma multidão, em que as pessoas usam roupas diferentes, caminham em diversas direções e a velocidades distintas. A radiação a *laser* é como uma coluna de soldados, todos marchando no mesmo ritmo (em fase), na mesma direção (coerência espacial) e usando o mesmo uniforme (monocromaticidade). (LOW; REED, 2001)

O laser, assim como todas as radiações, pode ser refletido da superfície ou penetrar nos tecidos em proporções que dependerão do comprimento de onda, da natureza da superfície do tecido, do ângulo de incidência. Após entrar nos tecidos, a radiação é espalhada por: divergência, reflexão e refração, sendo ainda atenuada por absorção.

Ouvimos em nosso cotidiano os termos: "laserterapia no nível baixo reativo" ou "laserterapia de baixa intensidade"; esses são os termos que caracterizam as aplicações de baixa energia, que são as utilizadas na Fisioterapia (diferentemente daquelas de alta energia, usadas para destruição tecidual).

Na Fisioterapia, existem duas áreas principais para uso da laserterapia: cicatrização dos tecidos e controle da dor. A acupuntura a *laser* é também aplicada e tem apresentado sucesso em alguns acometimentos.

Efeitos fisiológicos e terapêuticos

Uma vez que a produção de *lasers* é relativamente recente, seus efeitos biológicos e físicos ainda estão sendo pesquisados e explorados. Sabemos que os efeitos dos *lasers* de baixa potência são sutis e atuam em nível celular. Evidências empíricas indicam que os *lasers* são eficazes principalmente na redução da dor e auxiliam na cicatrização de ferimentos; além disso, sabe-se que os efeitos fisiológicos incluem: aceleração na síntese de colágeno, redução nos micro-organismos, aumento na vascularização, redução da dor e ação anti-inflamatória.

Produção de trifosfato de adenosina

Pesquisas têm demonstrado que a radiação por *laser* vermelho e lâmpadas de LED (do inglês, *Light Emitting Diode*) melhoram a função mitocondrial e aumentam sua produção de ATP em até 70%. Esse aumento é considerado o principal contribuinte aos diversos benefícios clínicos da terapia, principalmente na recuperação do tecido.

Aceleração na síntese de colágeno

A promoção da produção de colágeno está diretamente ligada à recuperação do tecido, e tem sido demonstrado que o *laser* vermelho promove aumento da síntese do colágeno e da produção de mRNA, além de aumentar em três vezes a produção de procolágeno.

Controle da inflamação

A radiação a *laser* pode controlar a inflamação e está associada a níveis aumentados de algumas substâncias, como a prostaglandina-F. Além disso, o *laser* pode estimular a proliferação de várias células envolvidas na recuperação dos tecidos, incluindo fibroblastos, queratinócitos e células endoteliais.

Inibição do crescimento bacteriano

Com base em resultados de pesquisas, há indicativos de que a luz geralmente produza inibição do crescimento bacteriano, e que comprimentos de onda de 670

a 405 nm sejam os mais eficazes. Aparentemente apenas os comprimentos mais longos têm sido estudados para esse efeito.

Vasodilatação

Também é relato de que o uso do *laser* pode favorecer a vasodilatação, a qual poderia acelerar a recuperação do tecido, aumentando a disponibilidade de oxigênio e outros nutrientes.

Cicatrização de ferimentos

Diversos estudos têm sido publicados acerca do efeito que o *laser* pode causar na recuperação tecidual. Com base nesses resultados, há indicativos de que o *laser* promova a recuperação tecidual. (CAMERON, 2011)

Embora parâmetros de tratamento ideais para a promoção de recuperação tecidual sejam incertos, atualmente as evidências indicam que a luz vermelha com densidade de energia variando entre 5 e 24 J/cm² seja a mais eficaz.

Controle da dor

A laserterapia é usada para o alívio da dor em muitas condições, tanto agudas quanto em longo prazo. Algumas condições se beneficiam muito com o uso do laser, como: artrite reumatoide, osteoartrite, bursite e vários aspectos da dor lombar. Além disso, foram observados resultados de aceleração na consolidação de fraturas e na prevenção de degeneração nervosa pós-traumática.

Técnicas de aplicação

A maioria das fontes de *laser* de baixa ou média potência é aplicada através de uma caneta diretamente na pele. Em alguns tipos de laser, é indicado que a caneta se mantenha a aproximadamente 30 cm de distância da pele.

É necessário explicar ao paciente sobre o procedimento e a necessidade do uso de óculos tanto para ele quanto para o terapeuta, bem como o posicioná-lo confortavelmente de acordo com a área em que o *laser* será aplicado.

A região a ser tratada precisa ser limpa com álcool e estar desnuda, evitando qualquer material em sua superfície que possa absorver ou espalhar a radiação.

O aparelho possui uma chave que ativa o laser; a caneta aplicadora é posicionada na área a ser tratada e, somente depois, o aparelho é ligado. É importante posicionar a caneta corretamente, formando um ângulo reto para a máxima penetração da radiação.

Quando não indicado o contato direto, como no caso de feridas abertas, o *laser* pode ser um pouco distanciado da superfície ou utiliza-se papel-filme sobre o ferimento.

A posição é mantida então de acordo com o tempo necessário, e, quando a área é maior, o aplicador é removido e recolocado em outro local, desligando a saída do aparelho durante a transferência.

Dosimetria

De modo geral, o comprimento de onda e a área de aplicação são fixados pelo tipo de aparelho de *laser* utilizado. A densidade de energia do *laser* pode variar pelo tempo de aplicação ou pela variação dos parâmetros de pulsação

Algumas pesquisas sugerem densidade do *laser* para tratamento de vários modelos clínicos. Varia em média de 0,05 a 0,5 J/cm^2 para condições agudas e de 0,5 a 3 J/cm^2 para condições mais crônicas. As respostas dos tecidos dependem da dose fornecida e do tipo de *laser* usado. A resposta obtida com diferentes dosagens e *lasers* varia entre os estudos, deixando que os parâmetros de tratamento sejam determinados empiricamente.

O *laser* vermelho visível é recomendado para condições superficiais (como feridas, úlceras e condições de pele); o infravermelho, para estruturas musculoesqueléticas mais profundas.

O *laser* deve ser administrado no máximo uma vez por dia por área de tratamento. Caso sejam identificadas doses elevadas, deve-se dar o intervalo de aplicação de um dia, (ou seja, aplicar em dias alternados).

O tempo de aplicação para uma quantidade de energia em determinada área é inversamente proporcional à potência de emissão. Quanto maior a potência, menor é o tempo necessário para aplicar uma quantidade de energia em certa área.

De acordo com Sá (2007), para conhecer o tempo de aplicação necessário a certa dose de radiação laser, o fisioterapeuta deverá:

1- Saber qual dose (J / cm2) deseja aplicar;
2- Conhecer a potência de emissão utilizada;
3- Conhecer o tamanho da área a ser irradiada.

Quando a área a ser tratada é de apenas um ponto, a área da ponta da caneta aplicadora é informada pelo fabricante e elimina essa dúvida. Já quando a área a ser tratada é maior que um ponto, ela deve ser calculada.

Conhecendo os três pontos citados, basta aplicar a fórmula a seguir para conhecer o tempo de aplicação necessário:

$$T (s) = \frac{\text{Dose desejada } (J/cm^2) \times \text{Área } (cm^2)}{\text{Potência } (w)}$$

Indicações e contraindicações

Indicações:
- Cicatrização de tecidos;
- Artrite;
- Linfedema;
- Traumato-ortopedia;
- Lúpus eritematoso;
- Erosões benignas do colo de útero;
- Afecções na próstata;
- Procedimentos estéticos;
- Úlcera de decúbito.

Contraindicações:
- Irradiação direta nos olhos;
- Malignidade;
- Áreas recentemente expostas a radioterapia;
- Hemorragia;
- Tireoide ou glândulas endócrinas;
- Foco de infecção bacteriana.

Cuidados e precauções

- Se os resultados clínicos atingirem um platô, reduza a dose ou a frequência da aplicação para favorecer os resultados;
- Evite exposição direta aos olhos;

- Não use *laser* em paciente no primeiro trimestre da gravidez (somente com recomendação médica);
- Tenha cuidado com pacientes fazendo uso de corticoesteroides;
- Certifique-se de que ambos (paciente e terapeuta) estão sempre protegidos com óculos específico para cada tipo de laser.

Ultravioleta

Conceitos e fundamentos

A radiação ultravioleta (UV) é uma das mais antigas modalidades de tratamento da Medicina (**Figura 4.3**). Antigos médicos do Egito e da Grécia atribuíam à luz solar muitas propriedades curativas. Antes do século 20, o sol era a única fonte de UV; atualmente temos uma grande variedade de geradores disponíveis. (PRENTICE, 2004)

Figura 4.3 – Uso de radiação ultravioleta para tratamento de doença dermatológica. (Fonte: < https://shutr.bz/2rVzEVu >. Acesso em: 2017 mar. 20.)

Nos últimos anos, porém, houve na Fisioterapia um decréscimo no uso da radiação UV, paralelamente ao seu aumento nas clínicas dermatológicas.

Comportando-se de modo similar às radiações visíveis, as ultravioletas são, no entanto, mais fortemente absorvidas pelo ar e transmitem muito mais energia, sendo capazes de promover alterações químicas e não somente calor nos locais em que são absorvidas.

A radiação UV abrange a região de comprimento de onda entre 400 a 100 nm e classifica-se em:

- UVA (longo): 400 320 nm;
- UVB (médio): 320 290 nm;
- UVC (curto): 290 200 nm.

A radiação UV é geralmente produzida pela passagem de corrente através de um vapor ionizado. Os gases não são bons condutores sob temperaturas e pressões normais, mas, sim, a baixas pressões ou temperatura alta (LOW; REED, 2001).

Três tipos comuns de geradores de UV podem ser usados:

- **Lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão de ar resfriado**: tubo de quartzo que possibilita a transmissão das ondas. Dentro dele há gás argônio e mercúrio. Quando a corrente elétrica passa por esse gerador, o mercúrio é vaporizado pelo calor e emite comprimentos de onda violeta e ultravioleta;
- **Quartzo frio**: sua potência está limitada aos comprimentos de onda UVC. Tem tamanho reduzido e baixa produção de calor; por isso, pode ser portátil;
- **Tubo fluorescente**: lâmpada de baixa pressão revestida internamente com um fósforo, que absorve a luz ultravioleta e reemite longos comprimentos de onda na região UVA.

Efeitos fisiológicos e terapêuticos

Os efeitos produzidos pela radiação ultravioleta são considerados fotoquímicos:

Eritema – Quando a pele é exposta à radiação UV, tem uma reação generalizada, que leva ao desenvolvimento de uma reação inflamatória aguda. Assim, surge o eritema (um avermelhamento da pele associado a queimadura solar, a pigmentação ou bronzeamento) e há um aumento na espessura epidérmica.

Produção de vitamina D – O raio UVB é capaz de converter esteróis na pele em vitamina D, que, após sofrer alterações no fígado e nos rins, é capaz de facilitar a absorção de cálcio pelo intestino.

Pigmentação – Com a exposição ao raio UV, ocorre aumento da pigmentação da pele, considerado um mecanismo protetor. Há também aumento da melanina, levando ao bronzeamento; a melanina funciona como um filtro biológico da UV por dispersar a radiação.

Bactericida – Possui efeito bactericida, sem causar danos ao organismo. Muito utilizado em úlceras de pressão, acne e outras dermatites específicas.

Efeito em longo prazo sobre a pele – Os efeitos mais sérios da exposição prolongada à radiação UV são o envelhecimento prematuro e o câncer. Indivíduos de pele pouco pigmentada são mais suscetíveis. O envelhecimento cutâneo precoce se caracteriza por ressecamentos, fissuras e diminuição da elasticidade.

Dosimetria

A dose de ultravioleta que produzirá um eritema mínimo é chamada de Dose de Eritema Mínimo (DEM).

Para a determinação da DEM, utilizamos um teste que consiste em: realizar de 8 a 10 furos em um pano, cartolina ou outro material adequado e colocá-lo sobre a pele do paciente; posicionar o UV a uma distância aproximada de 20 a 70 cm, com incidência perpendicular sobre os furos descobertos; após 10 ou 15 segundos, cobrir um furo, após 20 ou 30 segundos cobrir outro furo, após 30 ou 45 segundos cobrir mais um furo (e assim por diante); por fim, examinar a pele 24 horas depois.

Assim determinamos a DEM. De acordo com o aspecto da pele em cada furo, podemos classificar os graus de eritema e adequá-los aos objetivos do tratamento. Então, o eritema mais discreto é classificado como dose de eritema mínimo; o eritema mais acentuado corresponde à dose de eritema máximo, e se ocorre queimadura ou muita descamação caracteriza uma dosagem excessiva devendo ser diminuída.

O tempo de aplicação dependerá do resultado do teste. Em média, 4 minutos são suficientes para o tratamento; porém, no início, esse tempo pode variar entre 30 segundos e 3 minutos de exposição à radiação UV.

Técnicas de aplicação

Após realizar o teste de dose, podemos dar início ao tratamento, explicando ao paciente a natureza dele e todos os efeitos do aparelho.

O paciente é então posicionado, geralmente em uma maca apropriada na posição padrão de acordo com o tipo de gerador de UV utilizado (variando a distância do gerador até a pele de acordo com cada tipo). Vale ressaltar que a incidência da radiação deve ser sempre de 90°.

A área a ser tratada deve ser livre de toda sujeira, óleo, maquiagem ou exsudação. Essa área é então despida, mas deve permanecer coberta até que a verdadeira exposição se inicie. Tanto o paciente quanto o terapeuta devem colocar os óculos de proteção

O paciente deve deitar-se na maca com braços e pernas retos. É importante que os membros não toquem um no outro nem no tronco. O indivíduo precisa ser alertado a se manter parado e a não tocar o aparelho.

A lâmpada é então ligada durante o tempo apropriado.

Precauções

- Tanto o paciente quanto o fisioterapeuta devem usar óculos de proteção;
- Nádegas, genitálias, seios, cicatrizes e pele atrófica devem ser protegidos;
- O paciente deve ser orientado a não passar produto químico sobre a região a ser tratada;
- A distância entre a fonte geradora e o paciente deve ser sempre medida (e nunca estimada);
- As idades extremas são mais sensíveis à exposição da radiação UV;
- Mulheres são mais resistentes aos raios UV;
- Negros são mais resistentes aos raios UV;
- Áreas mais vascularizadas absorvem e proliferam melhor a radiação UV;
- A área a ser tratada deve ser previamente limpa;
- Deve-se manter a distância adequada para a radiação UV;
- A frequência de aplicação deve ser diária; porém, se a terapia for combinada com a radiação infravermelha, deve-se fazer em dias alternados.

Efeitos adversos – Podem ocorrer dermatites fototóxicas durante a terapia com radiação UV, bem como fotoalergia. O raio UV pode causar carcinoma de células basais e escamosas, carcinoma epidermoide e melanoma maligno, tuberculose pulmonar, lúpus eritematoso, psoríase aguda e eczema agudo ou dermatites, os quais podem ser exacerbados com a exposição à radiação.

Indicações e contraindicações

Indicações:

- Acne;
- Ferimentos asssépticos;
- Foliculite;
- Ptiríase rósea;
- Tricofitose na cabeça;

- Sinusite;
- Psoríase;
- Úlceras de pressão;
- Osteomalácia;
- Diagnóstico de distúrbios cutâneos;
- Aumento da produção de vitamina D;
- Esterilização;
- Bronzeamento;
- Hiperplasia;
- Esfoliação.

Contraindicações:
- Porfirias;
- Pelagra;
- Lúpus eritematoso;
- Sarcoidose;
- Xeroderma pigmentosa;
- Psoríase aguda;
- Eczema agudo;
- Herpes simples;
- Insuficiência renal
- Insuficiência hepática;
- Diabetes;
- Hipertireoidismo;
- Dermatite generalizada;
- Arteriosclerose generalizada;
- Tuberculose pulmonar ativa e progressiva.

ATIVIDADE

1 – Quais são as indicações clínicas básicas terapêuticas para o infravermelho?

2 – O que significa laser?

3 – Quais são as precauções e contraindicações do *laser* de baixa potência?

4 – Quais são os efeitos da UV nas células e nos tecidos?

GABARITO

1- As indicações básicas são para: alívio da dor, redução do espasmo muscular, relaxamento muscular e aceleração da cicatrização e reparo.

2- Laser é um acrônimo que significa: ***l****ight* ***a****mplification of* ***s****timulated* ***e****missions of* ***r****adiation* (ou amplificação da luz por estimulação da emissão de radiação). Podemos defini-lo como um equipamento que concentra altos níveis de energia em um feixe estreito de luz monocromática coerente.

3- As contraindicações são: irradiação direta nos olhos; malignidade; recente exposição de áreas à radioterapia; hemorragia; tireoide ou glândulas endócrinas; e foco de infecção bacteriana. Os cuidados e as precauções a serem tomados são: se os resultados clínicos atingirem um platô, deve-se reduzir a dose ou frequência da aplicação para favorecer os resultados; evitar exposição direta aos olhos; não usar *laser* em pacientes no primeiro trimestre da gravidez (somente com recomendação médica); ter cuidado com pacientes fazendo uso de corticoesteroides; certificar-se de que ambos (paciente e terapeuta) estão sempre protegidos com óculos específico para cada tipo de laser.

4- Os principais efeitos são: eritema, produção de vitamina D, pigmentação, bactericida e efeitos em longo prazo, que vão incluir envelhecimento prematuro da pele e câncer de pele.

REFLEXÃO

Neste capítulo, estudamos a fototerapia, uma modalidade que aplica luzes especiais como forma de tratamento.

Dentro dessa modalidade, aprofundamos nossa leitura especialmente em três técnicas: o infravermelho, o *laser* e o ultravioleta.

Esses métodos são bastante utilizados na prática da Fisioterapia; por isso, detalhamos seus conceitos e suas propriedades, seus efeitos fisiológicos e terapêuticos, sua dosimetria e as técnicas de aplicação, assim como as principais indicações, contraindicações e os cuidados necessários para o uso de cada uma dessas técnicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMERON, M. **Agentes físicos na reabilitação**: da pesquisa à prática. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

CESTARI, T. F.; PESSATO, S.; CORRÊA, G. P. **Fototerapia**: aplicações clínicas. An. Bras. Dermatol. 2007; 82(1):7-21.

DUARTE, I.; BUENSE, R.; KOBATA, C. **Fototerapia**. An. Bras. Dermatol. [online]. 2006; 81(1):74-82. ISSN 0365-0596. Disponível em: < *http://bit.ly/2sTFtjw* >. Acesso em: 20 mar. 2017.

HAYES, K. W. **Manual de agentes físicos: recursos fisioterapêuticos**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

LOW, J.; REED, A. **Eletroterapia explicada: princípios e prática**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2001.

PRENTICE, W. E. **Modalidades terapêuticas em Medicina Esportiva**. 4. ed. São Paulo: Manole, 2002.

PRENTICE, W. E. **Modalidades terapêuticas para fisioterapeutas**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

SÁ, V. W. **Prescrevendo recursos da eletrotermofototerapia em Fisioterapia**. Rio de Janeiro: Universidade Castelo Branco, 2007.

STARKEY, C. **Recursos terapêuticos em Fisioterapia**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2001.

5

Eletroterapia

Eletroterapia

Apresentação

Neste último capítulo, estudaremos a eletroterapia e as suas modalidades, bem como descreveremos os efeitos da passagem de uma corrente elétrica sobre tecidos do corpo humano. Para tanto, é necessário compreender os princípios básicos de eletricidade as suas principais terminologias.

Iniciaremos nosso estudo classificando as correntes eletroterapêuticas e, logo após, abordaremos as definições, os efeitos fisiológicos e terapêuticos, as características, aplicações, indicações e contraindicações dos principais recursos eletroterapêuticos utilizados na Fisioterapia.

OBJETIVOS

- Identificar e compreender os principais conceitos e terminologias sobre as correntes elétricas e seus recursos;
- Entender os efeitos fisiológicos e terapêuticos do uso desses recursos na terapia;
- Saber diferenciar essas técnicas e como e por que usar cada uma delas;
- Saber como utilizar cada um dos métodos tendo segurança sobre indicações, contraindicações, cuidados e precauções de uso;
- Promover um ambiente seguro para o uso de equipamentos elétricos.

Correntes eletroterapêuticas

A eletricidade foi descoberta em etapas, iniciando-se com a produção de cargas estáticas sobre bulbos de vidro por volta do século 18, até chegar aos meios cada vez mais sofisticados de variar e reverter correntes. Em cada um dos estágios dessa descoberta, o uso médico sempre foi investigado e recomendado, sendo geralmente relatados benefícios. (LOW; REED, 2001)

Atualmente, a estimulação elétrica tem um grande espectro de aplicações clínicas em reabilitação, incluindo alguns objetivos conhecidos como fortalecimento e reeducação muscular, controle da dor, facilitação da cicatrização de feridas recalcitrantes, entre outros. Para tanto, muitos profissionais – incluindo os

fisioterapeutas – utilizam rotineiramente essa estimulação em sua prática clínica. (CAMERON, 2011)

Entende-se por corrente elétrica o fluxo de partículas carregadas (as quais podem ser denominadas elétrons ou íons). A eletricidade é então uma força criada pelo desequilíbrio no número desses elétrons entre dois pontos. Essa força – chamada de eletromagnética – cria um ambiente em que os elétrons se movimentam (tentando equilibrar as cargas) e com isso produzem a corrente elétrica. De maneira mais simplificada, essa corrente elétrica flui de um polo negativo (cátodo), onde é elevada a concentração de elétrons, a um polo positivo (ânodo), onde é baixa a concentração de elétrons.

Além da presença de voltagem, devemos estabelecer um circuito completo para que ocorra fluxo.

EXEMPLO

Quando você entra em uma sala e aperta o interruptor para acender uma luz, está fechando um circuito que possibilita que a eletricidade flua de sua fonte, por meio da luz, e volte à sua fonte. Dessa mesma maneira, um circuito fechado é criado entre o paciente e um aparelho de estimulação elétrica, aplicando, no corpo, derivações de polaridade oposta. Os elétrons fluem do gerador, pelo corpo do paciente, e voltam ao gerador.

(Fonte: STARKEY, 2001.)

Cada tipo de estimulação elétrica produz efeitos específicos nos tecidos e é capaz de gerar uma ampla variedade de respostas terapêuticas. Entretanto, todas elas também têm determinadas características semelhantes.

As correntes elétricas são classificadas em correntes diretas (CD) ou correntes alternadas (CA), dependendo do percurso do fluxo.

- **Correntes diretas (CD)**: São caracterizadas por um fluxo contínuo de elétrons de forma unidirecional; ou seja, seus elétrons se deslocam em uma única direção (isso ocorre quando um gerador pode manter os extremos de um circuito carregados negativamente e o outro positivamente); seu gráfico tem apenas uma fase (positiva ou negativa) e possui efeitos polares;
- **Correntes Alternadas (CA)**: São caracterizadas por uma corrente bidirecional; ou seja, seus elétrons se deslocam ora em uma direção, ora em outra (isso

acontece quando um gerador de corrente alternada origina uma troca contínua de polaridade nos extremos de um circuito); seu gráfico tem duas fases (positiva e negativa) e não possui efeitos polares.

Uma terceira classificação (**correntes em pulso**) significa que uma corrente foi modificada para produzir efeitos biofísicos específicos. São caracterizadas por períodos sem fluxo de corrente; nesse caso, o fluxo de elétrons é periodicamente interrompido.

A unidade fundamental das correntes em pulso é a **fase** (o corte individual de um pulso, por um período de tempo mensurável). Desse modo, o número e o tipo de fases classificam o tipo de pulso, e assim a carga que cada uma das fases libera é a que afeta os tecidos do corpo.

As correntes utilizadas na prática clínica podem apresentar várias formas de pulso (onda) das quais são decorrentes as suas denominações. As formas de pulso mais comuns são: triangular, quadrática, senoidal (sinusoidal) e contínua.

Ainda as correntes podem apresentar pulsos: **monofásicos**, quando apresentam apenas uma fase para um único pulso e o fluxo de corrente é unidirecional; ou **bifásicos**, que consistem de duas fases, cada uma delas ocorrendo nos lados opostos do valor de referência.

A **duração do pulso** é o tempo decorrido do começo da fase até a conclusão da fase final. Essa duração é muito importante na determinação do tipo de tecido que será estimulado; se ela for muito curta, a corrente não conseguirá produzir nenhum tipo de potencial de ação. Com o aumento da duração da fase, diferentes tecidos poderão ser despolarizados.

A **frequência de pulso (Tabela 5.1)** é medida pelo número de pulsos por segundo (ou seja, é a frequência com que os elétrons passam na corrente elétrica). Comumente, essa frequência é medida em Hertz (Hz).

DESCRIÇÃO	PULSOS POR SEGUNDO	EFEITOS NEUROMUSCULARES
Baixa	<10	Contrações musculares individuais (abalo)

Média	De 10 a 50	Adição das contrações individuais resultando no aumento do tônus muscular
Alta	> 50	Contração tônica

Tabela 5.1 – Variações de frequência de pulso utilizadas na eletroterapia.
Fonte: Adaptada de Starkey, 2001.

As correntes podem ser classificadas quanto à sua frequência, conforme veremos a seguir:

- **Correntes de baixa frequência**: apresentam menos de 1000 ciclos ou pulsos por segundo, com frequência na faixa de 1 a 1000 Hz. São empregadas por seus efeitos biológicos;
- **Correntes de frequência média**: variam de 1000 a 100000 ciclos por segundo, com frequência na faixa de 1000 a 100000 Hz;
- **Correntes de alta frequência**: apresenta ciclos por segundo maiores que 100000, com frequência de 100000 Hz em diante. Tanto essas correntes quanto as de média frequência são mais utilizadas em virtude de seus efeitos de aquecimento.

Além disso, a frequência também interfere no limiar sensitivo, sendo que as maiores desencadeiam percepções menores, uma vez que altas frequências apresentam resistências menores da pele à passagem de corrente elétrica.

É possível afirmar que todos os materiais apresentam certo grau de oposição ao fluxo de corrente elétrica (o qual podemos chamar de **Resistência**). Os materiais que possibilitam à corrente passar com relativa facilidade são chamados de condutores, enquanto os que tendem a oferecer oposição são chamados de resistores.

Portanto, após tantos conceitos e terminologias aqui discutidos, é importante compreendermos que o nosso corpo humano pode ser interpretado como uma massa de tecidos e fluidos, com a capacidade de conduzir corrente elétrica. Essa capacidade está totalmente ligada à quantidade de água: se a água no tecido aumentar, sua capacidade de transmitir eletricidade também aumenta.

A partir disso, segundo Starkey (2001), os tecidos podem ser classificados em excitáveis e não excitáveis. Os tecidos excitáveis são diretamente influenciados

pelos parâmetros de intensidade, duração de pulso e frequência do pulso da corrente. Os tecidos não excitáveis não apresentam resposta direta ao fluxo de corrente, mas podem ser influenciados pelos campos elétricos causados pela corrente.

A passagem de corrente elétrica nos tecidos vivos produz efeitos biofísicos variáveis, incluindo os efeitos fisioquímicos e as reações fisiológicas. Alterações térmicas também podem acontecer, porém, não para efeitos terapêuticos.

Recursos eletroterapêuticos

Corrente galvânica

Definição

É o emprego de uma corrente direta, constante ou contínua com fins terapêuticos. O termo *contínua* significa que a intensidade da corrente é constante em valor e em direção. É considerada de baixa frequência e utilizada para promover várias modificações fisiológicas que podem ser utilizadas terapeuticamente.

Efeitos fisiológicos e terapêuticos

Os benefícios fisiológicos e terapêuticos estão relacionados aos efeitos polar e vasomotor, à reação ácida em volta do polo positivo e à reação alcalina no polo negativo.

Entre seus principais efeitos, podemos citar:

- Produção de calor: entre 1 e 3ºC;
- Efeitos vasomotores: vasoconstricção e vasodilatação, aumento de 300 a 500% do fluxo;
- Aumento da ação de defesa: com a vasodilatação e o consequente aumento da irrigação sanguínea, haverá aumento de elementos fagocitários (leucócitos, basófilos, neutrófilos etc.) e anticorpos;
- Eletrólise: dissociação eletrolítica;
- Aumento do metabolismo;
- Aumento do aporte de O2;
- Fenômeno do eletrotônus: a corrente galvânica altera a excitabilidade e a condutibilidade do tecido tratado;

- Aneletrotônus (no polo positivo): depressão da excitabilidade, que leva ao alívio da dor;
- Cateletrotônus (no polo negativo): aumento da excitabilidade, que facilita as atividades específicas do tecido nervoso;
- Efeito analgésico;
- Efeito anti-inflamatório;
- Estimulação nervosa.

Característica dos polos e eletrodos

Quando aplicamos um potencial elétrico em nossas células e tecidos, provocamos uma dissociação iônica, fenômeno em que as moléculas se dividem em seus diferentes componentes químicos, pelo fato de cada um apresentar carga elétrica diferente.

Após a dissociação eletrolítica, esses íons sofrem ainda influência da passagem de corrente contínua, e reações químicas secundárias acontecem sob os eletrodos: no cátodo, ocorrerá uma reação básica (alcalina); no ânodo, uma reação ácida.

- Polo positivo (ânodo): sedante, vasoconstrictor, solidificador de proteínas, desidratante, analgésico, atrativo do O2, coagulador, ácido.
- Polo negativo (cátodo): estimulante, irritante, vasodilatador, liquefator de proteínas, hidratante, alcalino, causador de sangramento.

Técnicas de administração

Antes de iniciar a aplicação, é importante saber que, quanto menor for a área do eletrodo, maior será a concentração de energia; além disso, é preciso identificar os polos positivo e negativo.

Em relação à dosimetria, é ideal que seja aproximadamente de 0,5 a 1 mA por cm2 de área do eletrodo ou de 2 a 20 mA, dependendo da sensação de formigamento referida pelo paciente. É importante que a sensação para o paciente seja sempre agradável.

O tempo de aplicação normalmente dura de 15 a 30 minutos.

Formas de aplicação:

- Longitudinal: os eletrodos se mantêm na mesma face anatômica;
- Transversal: os eletrodos se dispõem em faces anatômicas diferentes;
- Banho de galvanização: utiliza-se água para aumentar o campo de atuação.

Cuidados importantes na aplicação:

- Colocar esponjas de aproximadamente 1 cm sob os eletrodos metálicos;
- Não cruzar os cabos;
- Não realizar aplicação em áreas com perda de sensibilidade;
- Observar a polaridade do cabo;
- Certificar-se de que a intensidade da corrente esteja na tolerância do paciente e seja aumentada à medida da acomodação;
- Usar eletrodos de tamanho igual sobre gaze molhada em solução salina e levemente espremida;
- Aplicar com a pele intacta.

Indicações e contraindicações

Indicações:

- Diminuição de edemas;
- Afecções da estética;
- Eletrólise depilatória: agulha especial, sendo o cátodo para reação alcalina;
- Algias (polo positivo);
- Lesões de nervos periféricos (polo negativo);
- Transtornos circulatórios;
- Estimulação da irrigação sanguínea;
- Iontoforese.

Contraindicações:

- Extremos cronológicos;
- Região precordial;
- Neoplasias;
- Pacientes com distúrbios de sensibilidade;
- Ferida aberta;
- Região das gônadas e dos olhos;
- Útero gravídico;
- Confusão mental;
- Irritabilidade cutânea;
- Implantações metálicas no campo de aplicação;
- Marca-passo.

Iontoforese

Também denominada iontopenetração, ionoterapia, dieletrólise e dieletroforese, a iontoforese é a introdução de íons medicamentosos dentro da pele humana utilizando-se uma corrente de baixa voltagem. Os tipos mais comuns de medicamentos indicados nesse caso incluem anestésicos, analgésicos e anti-inflamatórios.

A introdução transdérmica de medicação apresenta vantagens sobre a ingestão oral ou injeção de medicação. Um desses benefícios sobre a ingestão oral é que, na iontoforese, a medicação não passa pelo fígado, é menos traumática, menos dolorosa, tem aplicação focal, não produz sobrecarga no trato gastrintestinal e pode ser usada por longo tempo. Porém, também apresenta desvantagens e dificuldades. Por exemplo, certos fármacos produzem resultados não confiáveis, podendo surgir dúvida sobre até que ponto eles estão sendo de fato introduzidos no tecido; além disso, a quantidade eficaz do medicamento introduzido é dificilmente controlável e pode não alcançar grandes profundidades.

A duração de um tratamento individual depende da intensidade e da dose terapêutica desejada. Geralmente os tratamentos são administrados em dias alternados, durante três semanas.

De acordo com Sá (2007), a técnica de aplicação se baseia nos seguintes passos:

1) Disponibilizar um aparelho de corrente contínua ou galvânica.

2) Zerar todos os botões.

3) Escolher o medicamento, que pode ser em gel ou líquido.

4) Untar ou molhar um pedaço de algodão (ou a esponja protetora) com o medicamento nas concentrações adequadas.

5) Acomodar o paciente confortavelmente e limpar a pele dele.

6) Aplicar o polo ativo com o medicamento em cima da área e o outro polo (indiferente) próximo à área a fim de dispersar a corrente. Esse eletrodo deve conter uma esponja com água salina.

7) O tempo de aplicação dura de 20 a 30 minutos, à intensidade de 2 a 4 mA para eletrodos pequenos e de 10 a 15 mA para eletrodos grandes.

Indicações:

- Algias;
- Processos inflamatórios;
- Aumento da condução nervosa;

- Diminuição de tônus;
- Fibrinólise;
- Cicatrização;
- Vasodilatação periférica;
- Redução de edema;
- Doenças reumáticas;
- Artrites;
- Úlceras crônicas.

Contraindicações:
- Cefaleias;
- Vertigens;
- Colapso circulatório;
- Alergia ao medicamento;
- Área precordial;
- Diminuição de sensibilidade a passagem de corrente elétrica;
- Ferida aberta;
- Região das gônadas e dos olhos;
- Útero gravídico;
- Confusão mental.

Além disso, para essas aplicações, é importante termos atenção quanto aos seguintes cuidados: inspecionar a pele do paciente antes e depois da aplicação; não deixar que os cabos sem proteção de material isolante encostem no paciente, pois há risco de queimaduras elétricas; escolher uma intensidade adequada; manter íntegra a espuma que envolve as placas; e sempre fazer a manutenção dos cabos e do aparelho.

Eletroestimulação funcional (FES)

Conceito

A eletroestimulação funcional (FES; do inglês, *functional electrical stimulation*) emprega estimuladores elétricos de canal múltiplo controlado por um microprocessador para recrutar músculos em uma sequência sinergística programada, a qual possibilita ao paciente executar um padrão de movimento funcional específico. (PRENTICE, 2004)

De modo mais simples, a FES pode ser entendida com uma estimulação de músculos desprovidos de controle motor ou com insuficiência contrátil ou "postural", com o objetivo de produzir um movimento funcional e/ou substituir uma órtese convencional. Ela faz parte das correntes elétricas de baixa frequência.

Bases da excitabilidade

A técnica FES tem como base a produção da contração por meio da estimulação elétrica, que despolariza o motoneurônio, produzindo uma resposta sincrônica em todas as unidades motoras do músculo. Esse sincronismo promove uma contração eficiente, mas, para isso, é necessário treinamento específico, a fim de evitar a fadiga precoce que impediria a utilização funcional do método com o objetivo de reabilitação.

Não é possível a obtenção de movimento funcional de um membro paralisado por um simples pulso elétrico; é necessária uma série de estímulos com certa duração, seguidos por outros com uma apropriada frequência e repetição. Essa sequência de estímulos recebe o nome de trem de pulsos. Um período de repouso entre dois trens deve ser observado, a fim de se evitar a fadiga na fase de recondicionamento muscular ou se possibilitar o controle das contrações musculares e, assim, serem obtidos movimentos úteis à locomoção.

Aparelho e bases funcionais

Os aparelhos utilizados são portáteis ou clínicos, e devem ter controles de ajustes de intensidade, ataque/descida, frequência de pulsos, duração de pulso, sustentação e repouso. Existem vários modelos de interruptores, que podem ser basicamente: interruptor automático (dentro do próprio aparelho); de palmilha; e disparador manual.

Segundo Sá (2007), os parâmetros de funcionamento da FES são:

- Intensidade: será ajustada de acordo com os objetivos;
- Frequência: variável de 5 Hz a 200 Hz;
- Duração do pulso ou largura do pulso: variável de 50 μs a 400 μs;
- Tempo de subida (*rise*): é o tempo de subida do pulso, variável de 1 a 10 s. Regula a velocidade de contração, ou seja, o tempo desde o começo até a máxima contração muscular. Tempos altos produzem uma lenta (mas gradual) contração, enquanto tempos pequenos produzem uma contração repentina (súbita);

• Tempo de descida (*decay*): é o tempo de descida do pulso, também de 1 a 10 s. Regula a velocidade com que a contração diminui, ou seja, o tempo desde a máxima contração até o relaxamento muscular. Tempos altos produzem relaxamento lento, e tempos baixos produzem relaxamento repentino (súbito);

• Ciclo *on*: tempo de máxima contração muscular variável de 0 a 30 s. Regula o tempo em que a corrente circula pelo eletrodo durante cada ciclo de estimulação;

• Ciclo *off*: tempo de repouso da contração muscular, variável de 0 a 60 s. Regula o tempo em que a corrente não circula pelos eletrodos;

• Sincronizado: os dois canais funcionam ao mesmo tempo no ciclo *on* e *off* selecionados;

• Recíproco: os canais funcionam alternadamente; enquanto um está no ciclo *on*, o outro está no ciclo *off*.

Critérios de avaliação dos pacientes

Antes de iniciarmos a terapia, devemos saber que certas condições interferem em relação à nossa estimulação, como: obesidade, presença de neuropatias periféricas, distúrbios sensoriais importantes, aceitação do paciente e segurança do terapeuta em realizar as técnicas.

É imprescindível uma avaliação completa e cuidadosa do paciente a ser submetido por esse tratamento, para que se obtenham os melhores resultados possíveis. Deve-se considerar principalmente: a capacidade de resposta à corrente, a graduação da sua espasticidade; e a avaliação da articulação pela movimentação passiva e pela goniometria.

Indicações e contraindicações

Indicações:

- Facilitação neuromuscular;
- Fortalecimento muscular;
- Ganho ou manutenção da amplitude de movimento articular;
- Controle das contraturas;
- Controle da espasticidade;
- Substituição ortótica;
- Escoliose idiopática;
- Subluxação de ombro;

- Esclerose múltipla;
- Hipotrofia por desuso;
- Hemiplegia;
- Lesão medular.

Contraindicações:
- Disritmia cardíaca;
- Marca-passo;
- Região dos olhos;
- Região das mucosas;
- Útero gravídico;
- Lesão nervosa periférica.

Aplicações

FES em hemiplegia

Hemiplegia, ou paralisia de um lado do corpo, é um sinal clássico de doença neurovascular do cérebro, levando a um comprometimento cerebral em vários níveis e com várias consequências, como comprometimento físico, sensorial e mental.

A estimulação elétrica funcional nesse caso terá objetivos principais de reeducação e recondicionamento muscular, redução da espasticidade e reorganização do padrão motor. Essa técnica é formulada para intervir diretamente na dinâmica do controle sensorimotor, restabelecendo o feedback proprioceptivo bloqueado nas tentativas de movimento muscular.

FES em lesão medular

O programa de recuperação motora em pacientes com lesão medular pode ser dividido em quatro fases:

- Recondicionamento muscular;
- Transferência da posição sentada para a de pé;
- Treinamento da posição ortostática;
- Treinamento da deambulação.

A técnica da FES com as condições tecnológicas existentes está longe de representar o recurso definitivo que solucionará o problema da locomoção do paciente com lesão medular, porém seu uso é benéfico por diversas razões, como:

- Melhora da capacidade funcional em pacientes com lesão medular incompleta (devido ao melhor condicionamento do músculo);
- Possibilidade de ortostatismo em pacientes com lesão medular completa;
- Entendimento de que a locomoção não se limita ao deslocamento no espaço, sendo também um ativador do retorno venoso e do metabolismo ósseo. Ela ainda melhora trofismo do sistema tegumentar e previne retrações músculo-ligamentares;
- Funções de eliminação e respiração facilitadas pelo ortostatismo.

Corrente interferencial

Conceito

O princípio da terapia interferencial é passar através do tecido corporal duas correntes alternadas de média frequência que ficam levemente fora de fase. Quando as correntes se encontram, uma nova corrente se inicia.

As correntes de média frequência penetram nos tecidos com pouca resistência, ao passo que as de interferência resultantes se encontram em uma faixa que possibilita a estimulação eficaz de tecidos biológicos.

Efeitos fisiológicos e terapêuticos

De modo geral, a estimulação interferencial é empregada para controlar a dor e estimular contrações musculares, a fim de aumentar o retorno venoso. Também pode ser utilizada para reeducar o músculo e aumentar a força muscular.

Como efeitos gerais, podemos citar: analgesia, estimulação muscular, melhora da circulação, relaxamento muscular e diminuição da reação inflamatória.

Técnicas de aplicação

Alguns conceitos se tornam necessários para a regulagem do aparelho e, assim, a aplicação dessa corrente. São eles:

- **Frequência de Modulação da Amplitude** (FMA): é uma variação de frequência de uma das correntes em Hz, pois a outra corrente permanecerá com frequência fixa. Os estimuladores interferenciais usam duas correntes de média frequência (uma na frequência fixa de 4000 Hz; e a outra ajustável, entre 4000 e 4250 Hz). A inclusão da frequência ajustável possibilita a seleção de uma faixa de baixas frequências moduladas pela amplitude;
- **Modulação da Frequência / Frequência de Varredura:** podemos fazer com que a FMA alterne ao longo de uma faixa estabelecida pela manipulação do controle de frequência varredura. Os aparelhos interferenciais variam quanto à frequência de varredura disponível ao terapeuta, mas a faixa oscila entre 0 e 250 Hz;
- **Espectro**: recurso de variar a frequência na terapêutica a fim de evitar a acomodação durante a aplicação;
- **Slope**: técnica utilizada em que o tempo da oscilação do espectro pode ser ajustado no aparelho;
- **Intensidade**: de acordo com a intensidade escolhida podem-se obter efeitos diferentes nos tecidos. Isso está relacionado à estimulação seletiva dos tipos de nervos. É provável que os efeitos sensitivos se originem entre 4 e 10 mA, e as respostas motoras, entre 8 e 15 mA. Contudo, esses valores variam de acordo com a área do corpo a ser tratada e com cada indivíduo em particular.

Essa corrente pode ser aplicada através de eletrodos flexíveis fixados por fita adesiva ou por eletrodos a vácuo, que utilizam a sucção para que o contato seja mantido. Em ambos os casos, há necessidade de se usarem esponjas embebidas em água.

A colocação dos eletrodos consiste basicamente em três técnicas:

- Quadripolar: os quatro eletrodos são posicionados ao redor da área a ser tratada, de modo que cada canal corra perpendicularmente ao outro e que a corrente cruze o ponto médio. Os tecidos dentro dessa área recebem o efeito máximo de tratamento;
- Bipolar: a mistura dos dois canais ocorre dentro do gerador, e não nos tecidos. São utilizados dois canais dentro do gerador, com um único canal de saída aplicado aos tecidos. Esse método gera uma mistura mais precisa, embora não seja tão profundo se comparado à técnica quadripolar;
- Tetrapolar vetorial: há um deslocamento automático do vetor, o que aumenta a área de exposição da corrente.

A estimulação interferencial pode ser aplicada uma ou duas vezes ao dia, em sessões de tratamento variando, em geral, de 15 a 30 minutos.

Devemos tomar cuidado com o uso impróprio tanto da estimulação interferencial (que pode gerar queimaduras ou causar irritação na pele) quanto da estimulação prolongada (capaz de gerar consequências como espasmo muscular e dor).

Indicações e contraindicações

Indicações:

- Analgesia (dor aguda e crônica);
- Reparo dos tecidos;
- Promoção de cicatrização;
- Espasmo muscular.

Contraindicações:

- Dor de origem central;
- Dor de origem desconhecida.

Corrente russa

Histórico e conceito

Aproximadamente na década de 1970, foram publicadas discussões sobre o uso da corrente interrompida de média frequência para gerar maior força muscular do que uma contração muscular voluntária máxima. Essa corrente foi chamada de russa, pois o seu uso foi investigado pela primeira vez pelo Dr. Y. M. Kots na literatura russa (LOW; REED, 2001).

Mesmo sendo uma corrente de média frequência, os nervos são estimulados, pois ela é interrompida para produzir uma estimulação de baixa frequência de 50 Hz. Como apresenta pulsos curtos, ela passa com efetividade através da pele.

Pode ser interpretada então como uma corrente alternada (sinusoidal), modulada por rajadas com objetivos excitomotores.

Efeitos fisiológicos e terapêuticos

Como efeitos gerais do uso da corrente russa podemos citar: mudanças na capilaridade; mudança na característica de resposta do motoneurônio; redução na velocidade de condução; e aumento da excitabilidade.

A base teórica para seu uso é que a estimulação elétrica máxima pode fazer com que quase todas as unidades motoras em um músculo se contraiam de maneira sincronizada (algo que não pode ser conseguido na contração voluntária, segundo se alega). Isso possibilitaria a ocorrência de contrações musculares mais fortes com a estimulação elétrica e, portanto, maior hipertrofia muscular.

Além disso, observamos outras constatações, como a modificação na composição das fibras musculares ao serem expostas a um período prolongado de excitação produzida por correntes elétricas. Essa alteração dependerá principalmente da frequência com que se despolariza o nervo motor por meio da corrente elétrica. A modificação é reversível, desde que passemos a trabalhar esses músculos com funções mais dinâmicas.

Características

A corrente russa, como falamos, é caracterizada por apresentar uma onda senoidal de frequência de 2500 Hz e batimento de 50 Hz. Com isso, obtemos trens de pulso (burst) com duração de 10 milissegundos, com intervalos também de 10 milissegundos.

A corrente russa apresenta várias vantagens em relação à corrente de baixa frequência. Uma dessas vantagens está relacionada à resistência (impedância) que o corpo humano oferece à passagem da corrente elétrica. Outras vantagens observadas são a possibilidade de se ativar 30 a 60% a mais das unidades motoras com a corrente russa que nos exercícios comuns e tratamentos convencionais, além de o aparelho conseguir trabalhar totalmente a musculatura, inclusive zonas consideradas difíceis de serem atingidas com eletroestimulação convencional. Há também uma melhora em curto prazo e uma melhora da estabilidade articular durante a fase de mobilização.

Os parâmetros do aparelho são bem similares aos da corrente interferencial, incluindo ciclo *on*, ciclo *off*, intensidade de corrente, tempo de subida e tempo de descida do pulso. A modulação da frequência obedecerá a característica da fibra (fásica ou tônica), e a porcentagem do ciclo obedecerá a situação do paciente (estado de saúde, fase da doença).

Indicações e contraindicações

Indicações:
- Incremento de força muscular;
- Modificação do tecido muscular;
- Melhora da estabilidade articular;
- Melhora de rendimento físico em esporte de alto nível;
- Manutenção da qualidade e quantidade do tecido muscular;
- Aumento da circulação sanguínea no músculo;
- Recuperação da sensação da contração nos casos de perda de sinestesia;
- Incontinência esfincteriana;
- Estética.

Contraindicações:
- Lesões musculares, tendinosas e ligamentares;
- Inflamações articulares em fase aguda;
- Fraturas não consolidadas;
- Espasticidade;
- Miopatologias que impeçam a contração muscular fisiológica;
- Lesão nervosa periférica;
- Confusão mental;
- Diminuição da sensibilidade à passagem da corrente elétrica.

Eletroestimulação transcutânea (TENS)

Características

A estimulação elétrica transcutânea do nervo (TENS; do inglês, transcutaneous electrical nerve stimulation) ou eletroestimulação transcutânea serviria para denominar qualquer das correntes mencionadas neste capítulo, pois, como o próprio nome diz, é uma estimulação do nervo através da pele, implicando uma corrente com intensidade suficiente para provocar a despolarização dos nervos sensoriais. No entanto, aquele nome é utilizado para descrever uma abordagem eletroterapêutica que específica para o controle da dor e, em geral, chamada apenas de TENS (**Figura 5.1**).

Figura 5.1 – Aplicação de TENS em área dolorosa.
(Fonte: <https://shutr.bz/2rBM4Bc>. Acesso em: 2017 abr 20.)

Essa modalidade corresponde ao processo de alterar a percepção da dor por meio de uma corrente elétrica. A eficácia desse tratamento é tão variável quanto suas técnicas de aplicação. O resultado dependerá da natureza da dor, do limiar individual da dor, da colocação do eletrodo, da intensidade de estimulação e das características elétricas do estímulo.

Mecanismo de alívio da dor

A TENS pode provocar contrações musculares, porém o seu principal uso é para controlar a dor. Ela diminui a percepção da dor no paciente, reduzindo a condutividade e a transmissão dos impulsos dolorosos das pequenas fibras de dor para o sistema nervoso central (SNC). Pode também afetar as grandes fibras motoras e interferir no padrão normal de proteção do músculo, reduzindo ainda mais os estímulos dolorosos.

A redução da dor pela aplicação de TENS ocorre principalmente por meio da modulação do SNC no organismo. Sua aplicação pode ativar neurônios pré e pós-ganglionares e provocar leves vasoconstrições. Aplicações mais prolongadas podem modular as atividades dos neurônios do corno dorsal secundariamente à estimulação dos nervos periféricos e promover a estimulação química dos órgãos viscerais. Além disso, os efeitos de alívio da dor pela TENS podem ser obtidos também por fatores psicológicos derivados unicamente de efeitos neurofisiológicos ou somados a eles.

É importante ressaltar que a TENS atua na percepção da dor do indivíduo e que o tratamento exerce pouco efeito sobre a patologia principal. Portanto, essa modalidade deve ser empregada associada a outras terapias que visem tratar a origem da dor.

Classificação e modo de uso

Os parâmetros a serem configurados no aparelho são frequência, duração do pulso e intensidade, que sofrerão variação de acordo com os objetivos de tratamento.

Podemos ter algumas modulações denominadas:

- Convencional (em caso de dor aguda e dor crônica);
- Acupuntural;
- Burst ou trem de pulso;
- Breve e intensa.

TENS convencional: é a forma mais frequentemente aplicada com pulsos curtos de cerca de 40 a 150 Hz. Trata-se de uma estimulação de alta frequência e baixa intensidade. Presume-se que esses pulsos curtos de baixa intensidade estimulem seletivamente as fibras para inibir a dor. Esse método também é o mais usado para autotratamento.

TENS acupuntural: é de alta intensidade e baixa frequência, com pulsos em torno com cerca de 2 Hz, com intensidades que provocam contrações musculares visíveis. Esse tipo de estimulação geralmente é aplicado aos pontos de acupuntura, mas também pode ser aplicado a pontos motores do músculo em questão.

TENS burst ou de pulso: é uma série de pulsos repetidos 1 a 5 vezes por segundo, geralmente em duas sequências. Cada trem ou série consiste em um número de pulsos individuais nas frequências de TENS convencionais de 40 a 150 Hz, mas com intensidade mais alta. O benefício alegado a esse método é que ele combina tanto a TENS convencional quanto a de acupuntura e, portanto, propicia alívio de dor por duas rotas.

TENS breve e intensa: usa pulsos de duração maior, com frequências mais altas com de cerca de 100 Hz e na intensidade mais alta que for tolerada. A aplicação é feita por não mais de 15 minutos por vez.

Os eletrodos para aplicação da TENS são de borracha de silicone impregnada com carbono, maleáveis e de fácil aplicação. É preciso utilizar um gel condutor, a fim de diminuir a resistência oferecida pela pele, bem como limpar a área antes

da colocação dos eletrodos. A maioria dos aparelhos possui dois canais, cada um deles com dois eletrodos.

A colocação dos eletrodos pode seguir estes critérios:

1) Cercando o ponto de dor: bilateral, cruzado, proximal e distal;
2) Seguindo o trajeto nervoso;
3) Colocando sobre o tronco nervoso;
4) Colocando sobre os dermátomos;
5) Colocando sobre os pontos motores;
6) Colocando sobre os pontos de acupuntura.

Indicações e contraindicações

Indicações:

• Processos dolorosos em geral: dor crônica e aguda, tratamento de dor pós-cirúrgica e fraturas.

Contraindicações:

- Dores não diagnosticadas (de origem desconhecida);
- Marca-passo;
- Cardiopatias ou disritmias;
- Pacientes nos três primeiros meses de gestação;
- Região da boca;
- Seio carotídeo;
- Feridas de pele;
- Região próxima aos olhos;
- Acidente vascular cerebral (AVC);
- Ataque isquêmico transitório (AIT);
- Epilepsia;
- Região da cabeça e da face.

Microcorrente

Características

Esse tipo de estimulação elétrica tende a ser aplicado em nível subsensorial ou sensorial muito baixo, com uma corrente que opera a menos que 1000 μA. Esses

aparelhos liberam no corpo uma corrente elétrica com amperagem de cerca de 1/1000 da TENS, mas com duração de pulso que pode ser até 2500 vezes maior.

Ao contrário das outras modalidades discutidas até aqui, a principal característica da microcorrente é que ela não visa excitar nervos periféricos. Seus estimuladores podem liberar correntes diretas, alternadas ou em pulso (em uma ampla variedade de formas de onda), cada uma delas apresentando uma faixa variada de durações de pulso e durações de tratamento.

Efeitos fisiológicos e terapêuticos

A teoria que apoia os efeitos biofísicos da microcorrente no processo de resposta à lesão se baseia no efeito que uma corrente de baixa amperagem exerce sobre os níveis de ATP. Essa terapia pode, então, ser vista como uma catalisadora nos processos iniciais e de sustentação em numerosas reações químicas e elétricas que ocorrem no processo cicatricial. A microcorrente acelera em até 500% a produção do trifosfato de adenosina (ATP), sendo essa molécula a grande responsável pela síntese proteica e regeneração tecidual devido à sua participação em todos os processos energéticos da célula.

Podemos ainda citar como efeitos desse mecanismo: analgesia; aceleração do processo de reparação tecidual; reparação de fraturas; aumento da osteogênese; efeito anti-inflamatório e bactericida.

Indicações e contraindicações

Indicações:

- Dor aguda e crônica
- Inflamação;
- Edema;
- Sinovite;
- Disfunções musculoesqueléticas;
- Síndrome pré-menstrual
- Lesões esportivas (luxações, estiramentos e contusões);
- Condições artríticas;
- Osteoartrite (OA);
- Lombociatalgia;
- Disfunções temporomandibulares (DTMs);

- Fibromialgia (FMS);
- Fasciite plantar;
- Epicondilite (cotovelo de tenista);
- Síndrome do túnel do carpo (STC);
- Fraturas e calcificação óssea;
- Cicatrização de feridas e úlceras isquêmicas.

Contraindicações:
- Síndromes dolorosas e de etiologia não estabelecida;
- Gravidez;
- Marca-passo;
- Região com feridas infectadas;
- Região com tumores (malignos ou benignos);
- Região do globo ocular;
- Região do sino carotídeo;
- Osteomielite;
- Região da musculatura laríngea.

Técnicas de aplicação

Os aparelhos de microcorrentes podem vir equipados com correntes alternadas ou contínuas (pulsadas ou não).

Os aparelhos de microcorrentes normalmente têm frequências que variam de 0,5 Hz a 900 Hz e corrente de 10 a 1000 μA.

A corrente contínua provê efeitos polares à estimulação, e seu uso consiste em complementar ou reforçar os potenciais de corrente endógena. Assim, essa corrente exógena estimula o processo de reparação tecidual.

O plano de atuação das microcorrentes é profundo, em nível muscular, com imediata atuação nos planos cutâneo e subcutâneo.

As microcorrentes têm características subsensoriais, as quais não causam desconforto ao paciente.

Os eletrodos devem ser colocados de modo que uma linha imaginária entre eles atravesse os tecidos-alvo.

Os efeitos microcorrentes são cumulativos. Normalmente devem ser tomadas muitas doses para que sejam alcançados os resultados finais de cura, embora resultados iniciais possam ser percebidos durante ou após as primeiras sessões.

ATIVIDADE

1 - Defina corrente elétrica.

2- Como a corrente eletroterapêutica pode ser classificada?

3- Quais as formas de aplicação da corrente galvânica?

4- Defina eletroestimulação funcional (FES).

5- Como a TENS atua no alívio da dor?

GABARITO

1- A corrente elétrica pode ser entendida como um fluxo de partículas carregadas, as quais podem ser denominadas elétrons ou íons. A eletricidade é então uma força criada pelo desequilíbrio no número desses elétrons entre dois pontos. Essa força chamada de eletromagnética cria um ambiente em que os elétrons se movimentam, tentando equilibrar as cargas; com isso, produzem a corrente elétrica. De maneira mais simplificada, essa corrente elétrica flui de um polo negativo (cátodo), onde é elevada a concentração de elétrons, a um polo positivo (ânodo), onde é baixa a concentração de elétrons.

2- As correntes elétricas são classificadas em correntes diretas (CD) ou correntes alternadas (CA), dependendo do percurso do fluxo.

3- As formas são: longitudinal (os eletrodos se mantêm na mesma face anatômica); transversal (os eletrodos se dispõem em faces anatômicas diferentes); banho de galvanização (utiliza-se água para aumentar o campo de atuação).

4- FES pode ser entendida com uma estimulação de músculos desprovidos de controle motor ou com insuficiência contrátil ou "postural", com o objetivo de produzir um movimento funcional e/ou substituir uma órtese convencional. Ela faz parte das correntes elétricas de baixa frequência.

5- A redução da dor pela aplicação de TENS ocorre principalmente por meio da modulação do SNC no organismo. Sua aplicação pode ativar neurônios pré e pós-ganglionares e provocar leves vasoconstrições. Aplicações mais prolongadas podem modular as atividades dos neurônios do corno dorsal secundariamente à estimulação dos nervos periféricos e promover a estimulação química dos órgãos viscerais. Além disso, os efeitos de alívio da dor pela TENS podem ser obtidos também por fatores psicológicos derivados unicamente de efeitos neurofisiológicos ou somados a eles.

REFLEXÃO

Nesta última seção, finalizamos nossos estudos abordando a eletroterapia. Essa prática comum no cotidiano do fisioterapeuta apresenta várias terminologias, particularidades e diferentes aplicações.

Para a utilização eficaz dessa modalidade, precisamos de uma boa compreensão dos seus princípios. Assim, iniciamos este capítulo estudando as características e classificações das correntes eletroterapêuticas.

Posteriormente, abordamos detalhadamente os principais recursos eletroterapêuticos que podemos utilizar, a saber: corrente galvânica; eletroestimulação funcional (FES); corrente interferencial; corrente russa; eletroestimulação transcutânea (TENS); e microcorrente. Cada um desses recursos apresenta diferentes características, efeitos, técnicas de tratamento e bases biofísicas de funcionamento que foram explanadas, explicadas e exemplificadas em nosso texto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMERON, M. **Agentes físicos na reabilitação**: da pesquisa à prática. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

DUARTE, A. F. S. **Estimulação elétrica funcional.** Rio de Janeiro: Universidade Salgado de Oliveira, 2011.

HAYES, K. W. **Manual de agentes físicos**: recursos fisioterapêuticos. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

LOW, J.; REED, A. **Eletroterapia explicada**: princípios e prática. 3. ed. São Paulo: Manole, 2001.

MIAYASHITA, V. A. **Uso da microcorrente em Fisioterapia**: revisão de literatura. Goiânia: Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2012.

PRENTICE, W. E. **Modalidades terapêuticas em Medicina Esportiva**. 4. ed. São Paulo: Manole, 2002.

PRENTICE, W.E. **Modalidades terapêuticas para fisioterapeutas**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

SÁ, V. W. **Prescrevendo recursos da eletrotermofototerapia em Fisioterapia**. Rio de Janeiro: Universidade Castelo Branco, 2007.

STARKEY, C. **Recursos terapêuticos em Fisioterapia**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2001.